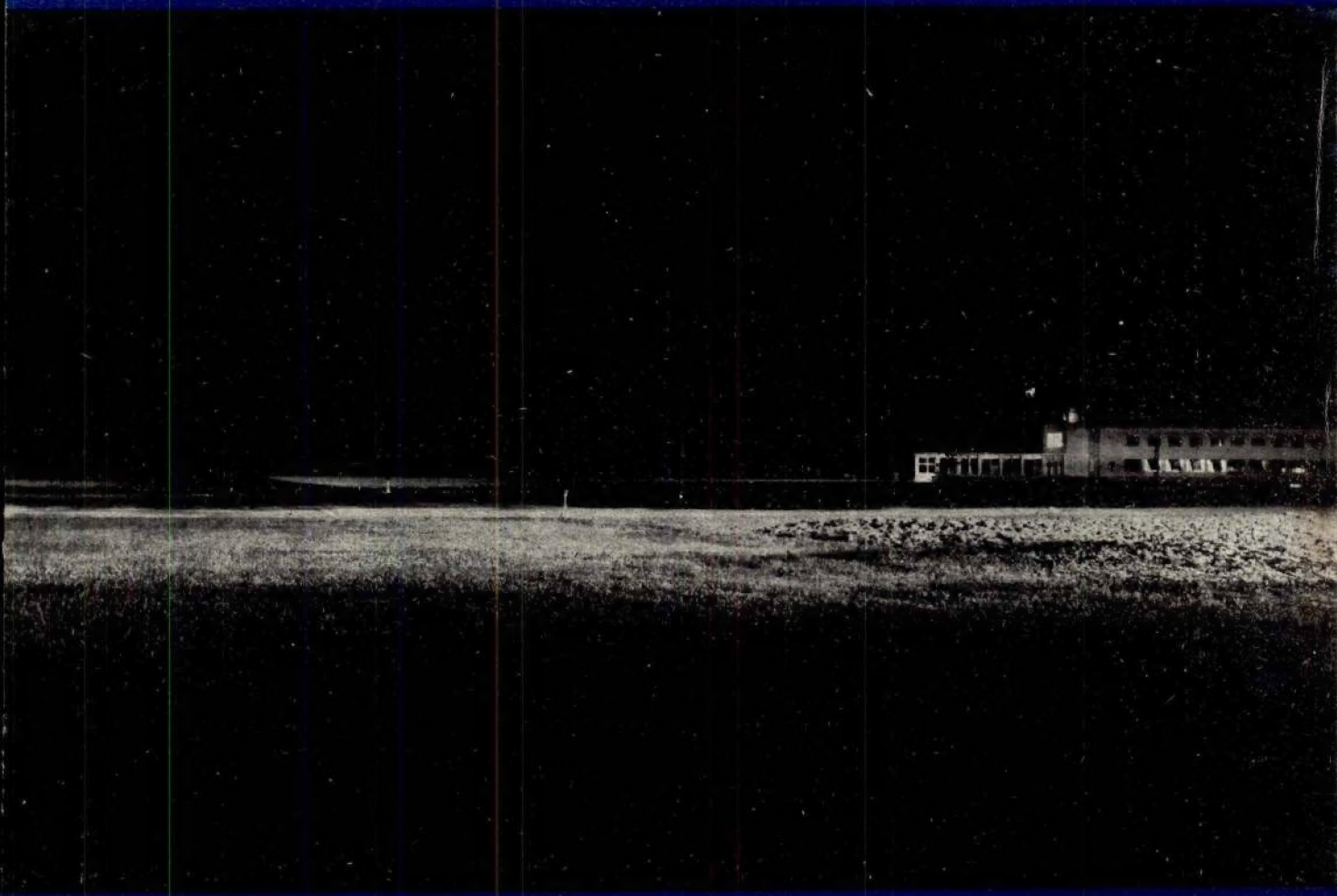
TÉCNICA

861



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 161 - Janeiro - 1946

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
161
Janeiro—1946

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

BIBLIOTECA I.S.T.

DIRECTOR
ANTÓNIO BUSTORFF
ADMINISTRADOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
CORPO REDACTORIAL
João Barata Galvão
Henrique Marques Pereira
Eduardo Cansado de Carvalho
José Pais Gromicho
Alfredo Nobre da Costa
Manuel da Silva Ferreira

NÚMERO AVULSO 7$50
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Aeroporto de Lisboa — Iluminação do campo com o projector N.º 1

		Págs.
O Professor Charles Lepierre	Prof. Herculano de Carvalho	675
Charles Lepierre — Notas bibliográficas		678
Física, Teoria e Técnica	Eng.º P. de Brito Aranha	689
Dois acontecimentos notáveis	Eng.º A. M. da Paixão	696
Dois critérios económicos na elevação da água	Eng.º António Manuel Vasconcelos	701
O Problema da Implantação das Obras de Abrigo dos Portos	Eng.º Carlos Krus Abecasis	706
Vida Escolar e Associativa	Joaquim Angelo Rodrigues	715
Do Mundo Técnico		720
Notas bibliográficas		733
Bibliografia		733
Publicações recebidas		733

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

D. MOURA—ENGENHEIRO

REPARADORA ELECTRO-MECÂNICA

Uma organização para trabalhos de electricidade

ALTA TENSÃO — BAIXA TENSÃO

Oficinas de construções eléctricas.
Transformações de características e reparações em:
GERADORES — MOTÓRES — TRANSFORMADORES
e em tôda a aparelhagem eléctrica para usos industriais e agrícolas.
SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA URGENTE À INDÚSTRIA

Instalações industriais de Fôrça Motriz e Luz
Portos de transformação

Com o nosso empréstimo de máquinas temos evitado a paralização de muitas fábricas

RUA DA TRINDADE, 18-A — LISBOA
Telefone 21406
Telegramas — REPARADORA

PETBOW LIMITED

MANUFACTURERS OF ELECTRIC WELDING PLANT AND ELECTRODES

TODO O MATERIAL PARA SOLDADURA ELÉCTRICA E OXI-ACETILÉNICA

Exclusivo para Portugal

H. M. F. HATHERLY, L.DA

Rua do Comércio, n.º 8
Telefones: 26633-22001

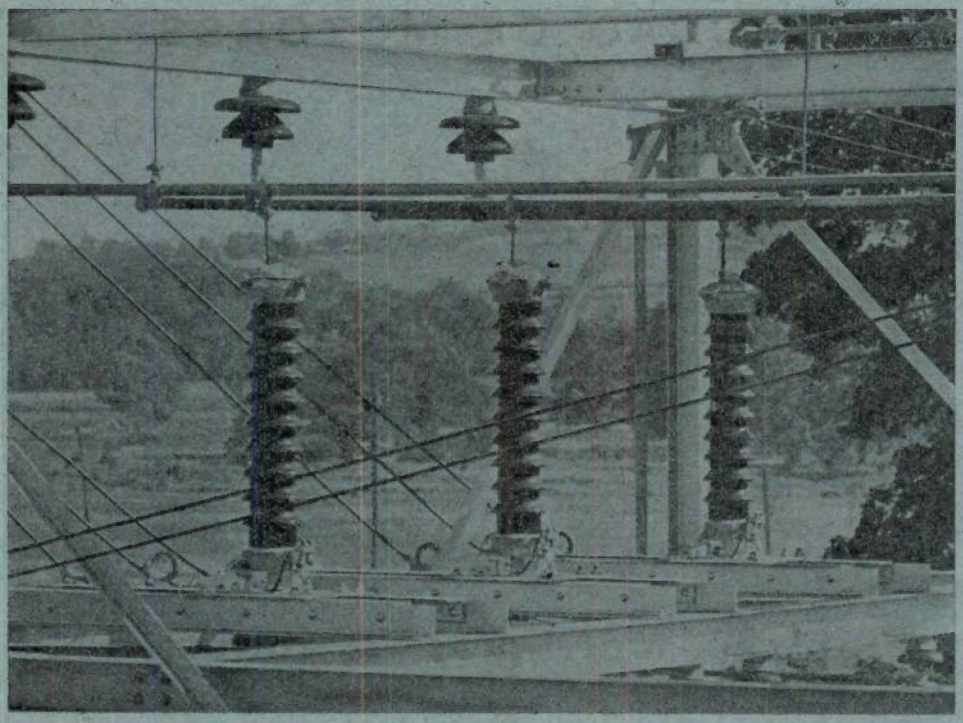
Entregas imediatas em Inglaterra

Geradores • Transformadores • Electrodos • Arames • Metais d'adição

APROVED BY: LLOYDS REGISTER OF SHIPPING, BOARD OF TRADE, BRITISH CORPORATION OF SHIPPING AND AIRCRAFT ON APPROVED LISTS: THE ADMIRALTY, WAR OFFICE, INDIAN STORES BRITISH AND FOREIGN RAILWAYS, CROWN AGENTS POR THE COLONIES, ETC.

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Aparelhos de protecção «THYRITE» contra sobretensões

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléciricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

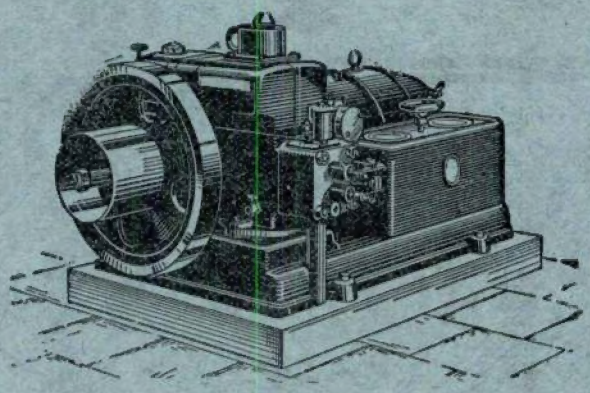
Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

H. VAULTIER & C.ª

SECÇÃO DE MOTORES



Motores marítimos e industriais

Grupos moto-bombas e Electrogéneos

Máquinas eléctricas, etc.

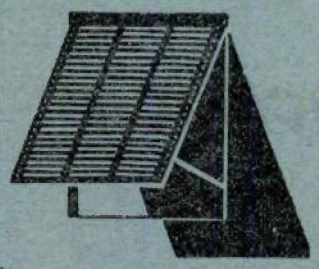
Calçada Marquês de Abrantes, 43-45

LISBOA

Telefone 6 2115 (6 linhas)

"SOLCRIS"

Proporciona comodidade e as... sombra



Barbosa & Carvalho, L.da

R. José Falcão, 61 - Tel. 5150 - Pôrto

Agente em Lisboa:

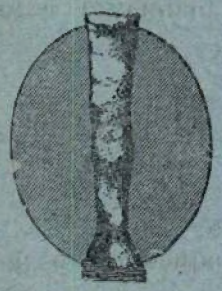
A. BEJA

TELEFONE 4 4444

LIVROS TÉCNICOS

GRANDE SORTIDO
PREÇOS NORMAIS

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
Rua Eugénio dos Santos, 75
Telef. 24314-24315 LISBOA



7.500 ESTACAS FRANKI

com o comprimento total de 62.360 metros executados em Portugal desde 1938 por

FUNDAÇÕES FRANKI

Praça da Alegria, 20 r/c

LISBOA

Standard Electrica

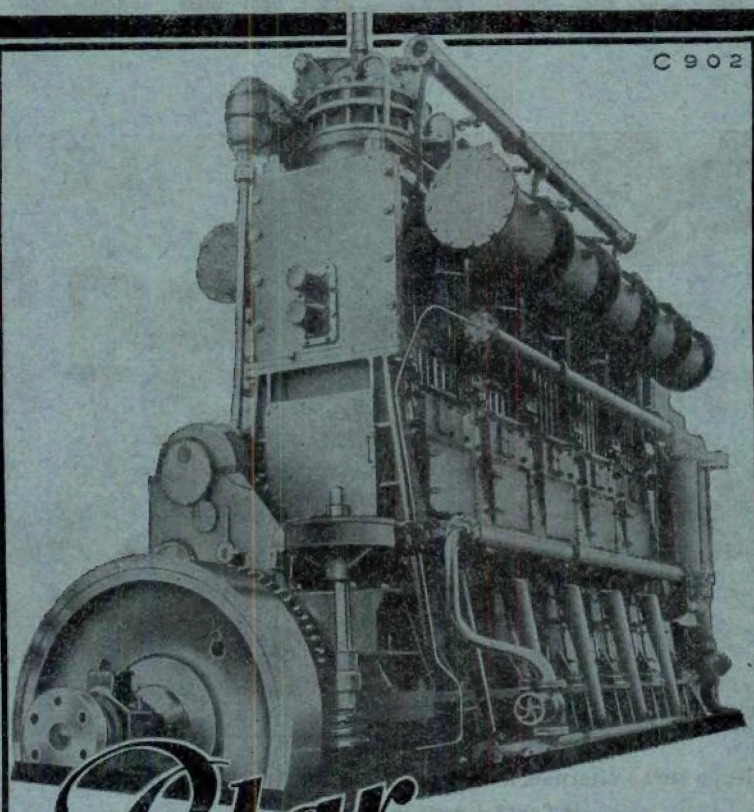
ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSAO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 **Rua Augusta, 27** **LISBOA**



Polar

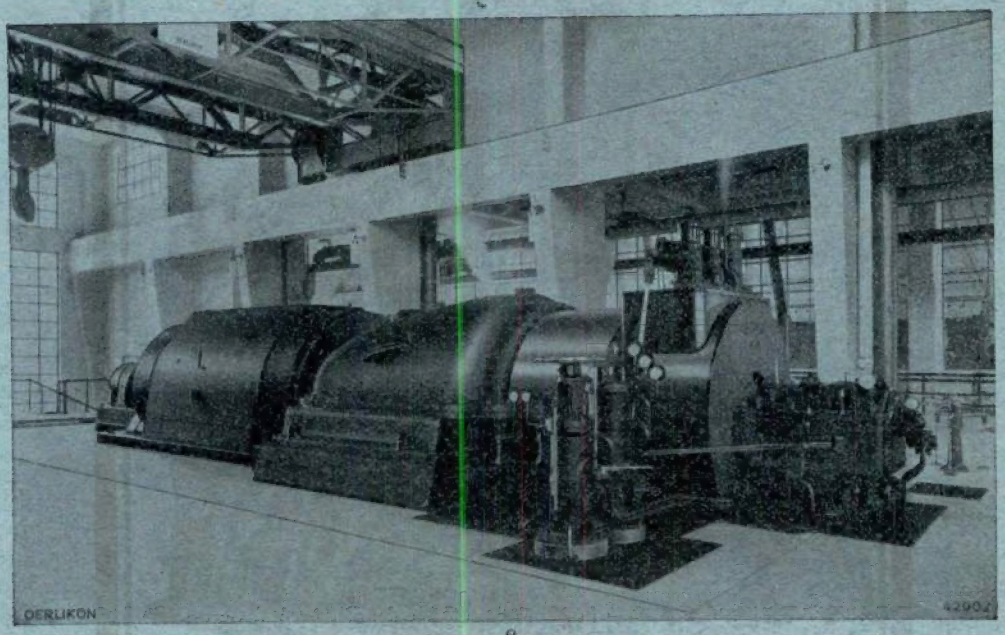
MOTORES DIESEL TERRESTRES
E MARÍTIMOS DE ESMERADA
CONSTRUÇÃO SUECA

Representantes exclusivos em Portugal:

JAYME DA COSTA, L.DA

LISBOA ● PÔRTO

OERLIKON



Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t.
da Central de Hameenlinna (Filândia)

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

45 816

TÉCNICA

ANTÓNIO BUSTORFF
DIRECTOR

ANO XXI - N.º 161 JANEIRO 1946

O PROFESSOR CHARLES LEPIERRE

PELO PROF. HERCULANO DE CARVALHO

C. D. 378

A morte do professor Charles Lepierre é acontecimento tão recente que sinto não poder fazer, como queria, uma resenha biográfica mesmo incompleta. Nós todos os que fomos seus discípulos estamos ainda dominados pela dor da perda dum grande amigo. E na generalidade deste sentimento — em que há admiração e afecto, reside a mais evidente prova dos seus altos méritos de Mestre.

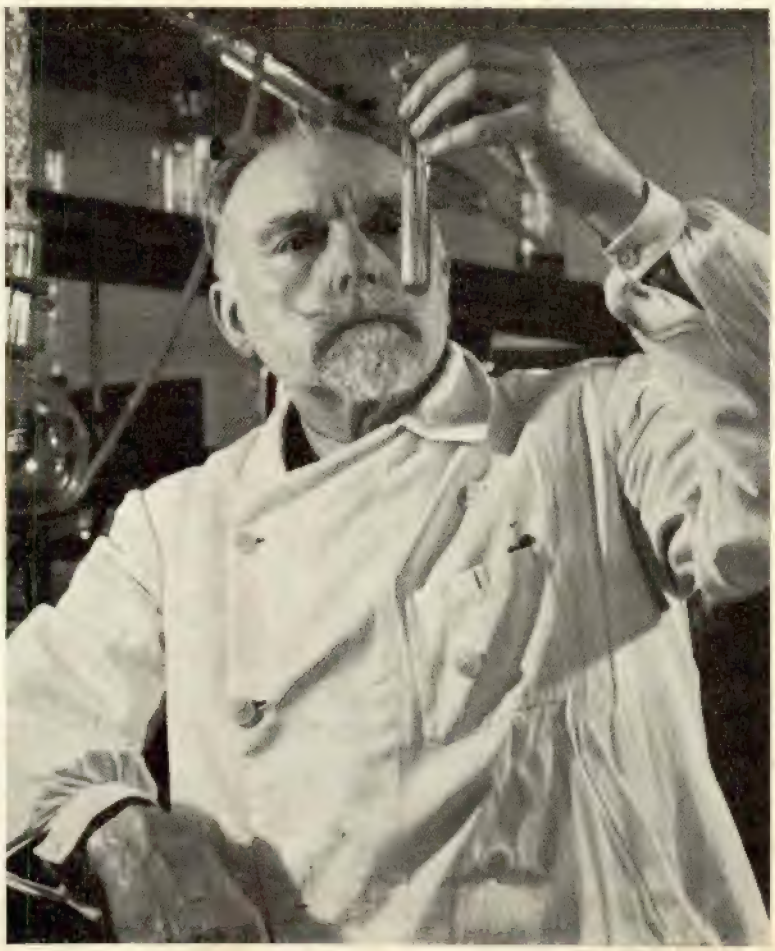
Não irei fazer uma biografia. Mas as páginas da «Técnica», tantas vezes escolhidas por Lepierre para apresentar em primeira mão os seus trabalhos, são adequado asilo para quem quer apenas exprimir um preito de saudade à sua memória.

Grande exemplo legou aos professores Mestre Lepierre!

Aquele nosso sentir estribava-se na sua afabilidade natural, na observação constante duma prodigiosa actividade e duma dedicação inteira pelas tarefas de ensinar e investigar; diàriamente se firmava pelas manifestações das suas grandes qualidades de transmissor de ciência.

Certa e segura era a orientação do seu ensino da química e conhecia tão bem esta ciência que a ele sempre recorríamos como à melhor enciclopédia.

Como acumulara o Mestre tanto saber?



Charles Lepierre veio para Portugal apenas com 21 anos, começando logo a exercer funções docentes nos Laboratórios da Escola Politécnica e no Instituto Industrial. Aos 22 era professor da Escola Brotero e, com dois anos mais, chefe de trabalhos do Laboratório de Microbiologia da Universidade de Coimbra; ensinou Química Biológica e, a partir de 1911, já no Instituto Superior Técnico, regeu Química Geral, Química Analítica, Tecnológica, Orgânica e Análises Bromatológicas. No Instituto de Hidrologia, ensinou Físico-Química Hidrológica. Pois em nenhuma destas funções docentes foi um professor de «empréstimo». Às suas lições na Escola Brotero acorriam, para ouvi-lo, os estudantes da Universidade; criou verdadeiramente, em Coimbra, o ensino da Bacteriologia, imprimindo ao respectivo laboratório um ritmo de produção científica notável em quantidade e qualidade. Em Análise Química foi exímio, a indústria portuguesa deve ao seu saber e bom senso inestimáveis serviços; sabia profundamente Química Orgânica e publicou numerosas investigações originais e análises bromatológicas e hidrológicas.

A sua fecunda produção científica estendeu-se aos mais variados ramos da química e é este um dos aspectos mais impressionantes da sua personalidade.

Evidentemente que uma tal «extensão de conhecimentos profundos», conhecimentos que teve em grande parte de adquirir por si, pressupõe a existência de dons, de aptidões inatas: apreensão fácil, mas fiel e tenaz e um senso crítico apuradíssimo que lhe permitia, ao estudar um assunto, separar logo o essencial do acessório. Isto se reflectiu no modo como expunha certas questões árduas que assim nos apareciam com um aspecto simples e quási intuitivo. O Mestre conseguia despertar-nos a curiosidade a ponto de ser mínimo o esfôrço de compreensão e de memória: o essencial ficava, com suas coordenadas certas.

Mas estas qualidades, se bem que excepcionais, não bastariam. Como bem o faz notar [1] o prof. Serras e Silva — seu discípulo em Coimbra e grande amigo pela vida fora, êsse rapaz de 21 anos, ao chegar a Portugal, trazia já uma *sólida formação científica*. A «École de Physique et de Chimie Industrielles», em que êle ingressou dois anos após a sua criação pelo município de Paris, tinha excelentes professores; dela saíram alguns dos grandes nomes da ciência francesa moderna.

A preparação físico-química que a Escola conferia aos seus diplomados foi a um tempo alicerce e fonte de muitas vocações. Certamente se escolheram com o melhor critério as matérias a ensinar; mas o método seguido, em permanente contacto com as realidades experimentais, e o exemplo de professores e assistentes, quási todos eles investigadores, foram os factores decisivos para o êxito desse ensino.

A sólida e bem orientada formação que assim recebeu, transparecia a cada passo em Lepierre. O esfôrço próprio e as suas qualidades souberam tirar partido dela, desenvolvendo, pelo estudo sempre acompanhado da experiência, os seus conhecimentos em vários ramos da ciência que escolhera e até em ramos afins.

Realmente ele não sabia só «dizer» mas sabia «fazer» e no mesmo sentido educava os seus alunos, que mais parecia considerar como colaboradores.

A actual geração dos alunos do Técnico já não conheceu Lepierre como professor, mas todos sabem o seu nome de tradição — tradição que não morrerá, pelo menos enquanto existir a Escola para onde êle veio faz agora 35 anos, a convite do Dr. Bensaúde e graças à clarividência de Brito Camacho.

Direi a êsses alunos que os quatro professores que hoje ensinam química no Instituto foram discípulos de Lepierre e que êle regeu cumulativamente durante mais de 20 anos as cadeiras que três dos seus discípulos actualmente regem!

Com tal actividade docente, nunca deixou de fazer investigações: mais duma centena de memórias originais publicadas o atestam. Fez quási todo o inventário das águas minerais portuguesas, estudou as nossas argilas

[1] Artigo no «Diário Popular», de 29-12-945.

e as pastas cerâmicas, o pão e as farinhas, os óleos vegetais e animais, o sal das nossas marinhas, muitos minérios, entre êles os de urânio donde, sob a sua direcção e dalguns engenheiros que formou, se extraiu rádio durante muitos anos. Nos últimos anos da sua vida, quando já aposentado teve de deixar o seu laboratório do Técnico, dedicou-se especialmente ao estudo da composição e melhoramento das nossas conservas de peixe, no respectivo Instituto, para onde entrara algum tempo antes. As suas intervenções, como investigador, perito ou membro de vário conselhos técnicos, foram por vezes decisivas, arrumando questões difíceis que afectavam a nossa economia.

A estes serviços prestados a Portugal há a juntar um outro, de projecção no futuro e que a nós, professores e alunos do Técnico, deve ser particularmente grato: a criação no nosso país da especialidade de Engenharia Química.

Ao atingir o limite de idade, o Govêrno, em decreto precedido dos mais honrosos e justos considerandos, reconheceu os seus direitos apesar de estrangeiro a uma pensão vitalícia equivalente à reforma desse tempo. O Técnico deu o seu nome ao Laboratório de Química Analítica, inaugurando uma lápide na entrada desse laboratório.

Mas a nossa dívida de gratidão para com Lepierre — que amava Portugal como à sua Pátria, não ficou saldada.

Além de tão altos serviços prestados, que não figuravam no seu contracto, um outro, já mencionado, merece destacar-se: nas escolas por onde passou, Lepierre não se contentou em ensinar tudo o que sabia, mas soube fazer em tôdas elas discípulos e alguns deles são agora os seus sucessores. É certo que êste aspecto da sua acção lhe trouxe a melhor recompensa que ambicionava: ver que o seu exemplo frutificava e se não perdia o método que nos transmitiu. E trouxe-lhe ainda outra compensação, tão grata ao seu coração afectivo, de muitas, muitas e sinceras amizades e desinteressadas dedicações. Lembro neste momento, comovidamente, Abel de Carvalho que acompanhando-o desde Coimbra, foi o modelo do perfeito colaborador e amigo.

O maior elogio de Lepierre como professor ressalta, talvez, desta afirmação cuja verdade é fácil de verificar: sendo naturalmente indulgente, a percentagem de alunos maus que lhe passaram pelas mãos foi mínima; até os menos dotados e os cábulas se rendiam, não às notas más, mas ao exemplo e ao incitamento do Mestre. Os cábulas relapsos («flautistas», como êle dizia...) não se setiam bem naquele ambiente de trabalho e o Mestre punha a questão clara desde o primeiro dia: «quem não quer trabalhar não vem cá»!

Lepierre foi muito exigente, à sua maneira.

Diz o prof. Serras e Silva: «o alegre, optimista e generoso Lepierre»... Como eu, discípulo que também de perto conheci o Mestre, relembro cheio de saudades essa alegria, êsse optimismo e essa generosidade, da qual nunca tiveram coragem para abusar tantas dezenas de alunos do «pai Lepierre»!

CHARLES LEPIERRE

NOTAS BIOGRÁFICAS — JUNHO DE 1945

ELABORADAS PELO PRÓPRIO AUTOR

Charles Lepierre cujo nome, pelo registo civil, é Paul Charles Lepierre, nasceu em Paris em 12 de Novembro de 1867. Filho de François Joseph Lepierre — nascido em 10 de Novembro de 1835 — bretão de Tramel, perto de Combourg (localidade muito conhecida por ter Chateaubriand passado, aí grande parte da sua vida) e de Marguerite Cirgoudou nascida em Mauriac, Cantal na Auvergne a 28 de Fevereiro de 1832 Seu pai faleceu em Paris a 22 de Junho de 1886 e sua mãi faleceu, já em Portugal, em 29 de Dezembro de 1921 com cêrca de 90 anos (Vidé Adenda I).

Charles Lepierre fez a sua instrução primária de 1873 a 1881 nas escolas da cidade de Paris, e em 1881 entrou, por concurso, na escola Turgot onde recebeu o ensino secundário, como bolsista externo, com aproveitamento que lhe mereceu a conquista de alguns prémios e evidenciando já o seu gôsto pelas ciências físico-naturais.

Por indicação do professor que ensinava física na Escola Turgot, Gérardin, em 1884 concorreu com alguns condiscípulos à L'École de Physique et Chimie Industrielles, de fundação recente (1882), escola que mais tarde ficou anexa à Sorbonne.

Frequentou essa Escola de 1884 a 30 de Julho de 1887, data em que terminou o curso que lhe deu o diploma de engenheiro químico.

Entre os mestres nessa Escola de ensino superior contam-se alguns dos mais eminentes matemáticos, físicos e químicos da época.

O director da escola era Paul Schutzenberger, membro do Instituto de França, professor de química geral e orgânica, que se ilustrou por muitos trabalhos, entre êles a descoberta dos hidrossulfitos e a constituição das substâncias albuminóides. Entre os seus professores de química, na Escola, contava-se Étar, Millot (em química tecnológica) e o seu grande amigo Mestre Roberto Duarte Silva, caboverdeano de origem, excelente e consciencioso professor de química analítica autor com Friedel, da síntese da glicerina.

Os seus professores de física foram: Baille (Óptica e acústica); Hospitalier em Electricidade, no início do emprêgo das novas unidades eléctricas (Ampère, Volt, Watt, etc.); o Prof. Dommer ensinava Hidrostática, Calor e suas aplicações. As matemáticas eram ensinadas pelo astrónomo Albert Lévy.

Entre os chefes de trabalhos práticos encontrava-se Pierre Curie que mais tarde foi professor de Física Geral na École de Physique et Chimie, físico já notável nesse tempo, e que se imortalizou pela descoberta da Radioactividade, trabalho para que chamou como colaboradora sua mulher Marie Curie.

Após a saída da École de Physique et Chimie trabalhou como engenheiro (De Agôsto de 1887 a Janeiro de 1888) na Fábrica de Açúcar de Beterraba de Clermont, Les Formes, no norte da França. Foi aí que recebeu uma carta de R. Duarte Silva convidando-o, transmitindo o convite oficial, para vir para Portugal como chefe de trabalhos de química da Escola Politécnica de Lisboa e como preparador do Instituto Industrial de Lisboa, por escolha entre vários candidatos propostos.

Em 31 de Dezembro de 1887 avistou-se em Paris com o Prof. José Júlio Rodrigues, que então ensinava nos dois estabelecimentos citados e que nessa ocasião se encontrava na capital francesa, com quem esta-

beleceu as bases do seu primeiro contrato com o govêrno português (24 de Fevereiro de 1888).

José Júlio Rodrigues eminente professor e conferencista devia infelizmente morrer poucos anos depois.

De Janeiro de 1888 a Maio do mesmo ano ficou em Paris, em comissão do Govêrno Português, para tratar da organização das colecções de Tecnologia para o Instituto Industrial e da preparação do Curso prático de Química da Politécnica.

Embarcou no Havre para Portugal chegando a Lisboa em 30 de Maio de 1888, data em que iniciou a sua carreira em Portugal, sendo sempre, sem interrupção, funcionário do Govêrno português até à sua reforma.

De Junho de 1888 a Agôsto exerceu os seus lugares na Escola Politécnica (6.ª cadeira) e no Instituto Industrial. De Agôsto a Outubro de 1889 foi delegado do govêrno português na Exposição Internacional de Paris. Desde Outubro de 1889 a Agôsto de 1911, por nomeação de Agôsto de 1889, exerceu o lugar de professor de química na Escola Industrial de Coimbra, cidade onde viveu 20 anos.

Em Outubro de 1891 foi nomeado preparador e chefe de trabalhos do Laboratório de Microbiologia da Universidade de Coimbra, lugar que desempenhou até Agôsto de 1911.

De Julho de 1894 a Outubro do mesmo ano esteve em Paris em missão da Universidade de Coimbra

De Julho a Agosto de 1896 foi delegado do govêrno português no 2.º Congresso de Química Industrial em Paris.

No ano lectivo 1897-98 fundou o 1.º Curso de Química Biológica, em Portugal, junto da Universidade de Coimbra. De Março de 1904 até 1911 foi encarregado da cadeira de Engenharia Sanitária do Curso de Medicina Sanitária da Universidade de Coimbra.

Em Setembro de 1904 foi nomeado membro secretário da Comissão de Estudos de Métodos e Bases de Apreciação das Substâncias Alimentares (Ministério do Interior). Desde Maio de 1905 até 1911 foi director dos Serviços Municipalizados de Coimbra, primeiro do gás, depois das águas e tracção eléctrica.

Em Abril de 1906 foi um dos relatores oficiais do 15.º Congresso Internacional de Medicina em Lisboa, Secção de Fisiologia, tendo sido nomeado presidente de honra da mesma secção.

Em Abril de 1907 foi relator oficial do 4.º Congresso da Liga Nacional Contra a Tuberculose, realizado no Pôrto. Em Fevereiro de 1911, pela Reforma dos estudos médicos, foi nomeado primeiro assistente da Faculdade de Medicina de Coimbra.

Em 31 de Maio de 1911 foi nomeado delegado do govêrno português no 8.º Congresso Internacional de Química Aplicada, que se reuniu em New-York e em Washington em Fevereiro de 1912.

Em 3 de Agôsto de 1911 foi nomeado professor do Instituto Superior Técnico de Lisboa, após convite do Ministro Dr. Brito Camacho, por indicação do fundador do I. S. T., Alfredo Bensaúde, pelo que deixou Coimbra, e todos os lugares oficiais que, até então, aí desempenhou, numa permanência total de 22 anos. Foi então encarregado, pelo seu contrato (de 3 de Agôsto de 1911), do Ensino da Química Tecnológica, da Análise Química e um ano depois da Química Orgânica. Exerceu o ensino durante 26 anos no Instituto Superior Técnico até à sua reforma em 12 de Novembro de 1937, data em que atingiu o limite de idade, tendo-lhe sido concedida aposentação por um decreto especial que se transcreve:

Decreto-lei n.º 28:202

«Diário do Govêrno» n.º 272, 1.ª série, de 22 de Novembro de 1937

Considerando que ao professor ordinário, contratado, do Instituto Superior Técnico, Engenheiro Charles Lepiérre, que atingiu o limite de idade de setenta anos no exercício das suas funções, não pode ser reconhecido o direito à aposentação ùnicamente por ser súbdito estrangeiro;

Atendendo aos relevantes serviços prestados ao País, durante cêrca de cinquenta anos, pelo professor Charles Lepiérre, contribuindo pela sua acção por forma decisiva, para o progresso

da indústria química em Portugal, quer dirigindo a preparação da maioria dos engenheiros químicos portugueses como professor eminente de ciências químicas aplicadas do Instituto Superior Técnico, quer pelos numerosos estudos e memórias que tem publicado como resultado da sua incansável actividade científica;

Considerando que a pensão de reforma de um professor catedrático com três diuturnidades e quarenta anos de serviço é de 2.600$00 mensais;

Considerando finalmente que o Govêrno não devia esquecer tão excepcionais serviços;

Usando da faculdade conferida pela 2.ª parte do n.º 2.º do artigo 109.º da Constituïção, o Govêrno decreta e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

Artigo 1.º É concedida, a partir de 13 de Novembro de 1937, ao súbdito francês engenheiro Charles Lepiérre, que exerceu as funções de professor ordinário das cadeiras de química analítica, tecnológica e orgânica do Instituto Superior Técnico, e anteriormente funções docentes na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra e outros estabelecimentos de ensino, a pensão vitalícia mensal de 2.600$00.

Paços do Govêrno da República, 22 de Novembro de 1937. — António Óscar de Fragoso Carmona — *António de Oliveira Salazar — Mário Pais de Sousa — Manuel Rodrigues Júnior — Manuel Ortins Bettencourt — Joaquim José de Andrade Silva Abranches — Francisco José Vieira Machado — António Faria de Carneiro Pacheco — Pedro Teotónio Pereira — Rafael da Silva Neves Duque.*

Em Janeiro de 1912 foi nomeado membro do juri da nomeação dos professores de liceu. Em 18 de Novembro de 1912 foi nomeado pelo Ministro do Fomento membro da Comissão encarregada da reforma do ensino industrial elementar e médio (Ministério do Dr. Aurélio da Costa Ferreira), e em 28 de Novembro de 1912 foi nomeado vogal efectivo do Conselho Superior do Comércio e Indústria ainda em Novembro de 1912 foi eleito membro da Comissão da Regulamentação Geral do Trabalho na Indústria. Em 30 de Outubro de 1912 *(Diário do Govêrno)* foi encarregado duma sindicância ao Instituto Central de Higiene por factos ocorridos entre dois funcionários. Em Julho de 1913 fez parte do juri, por nomeação do Concurso para professores do liceu.

Em Maio de 1914, por despacho do Ministério do Interior, foi nomeado membro da Comissão da Fiscalização dos Géneros Alimentícios, e em 2 de Julho de 1914 é escolhido novamente para membro da comissão de sindicância ao Instituto Central de Higiene (com os professores Belo de Morais e Francisco Gentil). Em Novembro de 1914 foi nomeado oficialmente para fazer o inquérito à Fábrica do Gás de Lisboa após uma explosão.

Em Novembro de 1915 foi nomeado membro da Comissão Técnica para a Fiscalização dos Adubos *(Diário do Govêrno)*. Em Novembro de 1915, por motivos da guerra, foi nomeado administrador da Fábrica dos Produtos Químicos da Póvoa de Santa Iria (*Diário do Govêrno*, de 24 de Novembro de 1915). Desde 1917 foi membro permanente da Comissão dos explosivos do Ministério do Trabalho e também da Comissão dos Métodos de Química Analítica.

Desde 1917 até 1937 foi membro do Conselho Superior de Minas e Serviços Geológicos — Secção de Águas — Ainda em 1917 é nomeado engenheiro consultor da Casa Burnay — Fabricação do Rádio — tendo durante cerca de 10 anos, com a colaboração de alguns dos seus discípulos do I. S. T. (Eng.º Pedro Mourão, Eng.º Pio Leite, Eng.º Carlos Caldeira e Eng.º Martins Rodrigues) fabricado sais de rádio, chegando a produção a mais de 1 gr.

No mesmo ano, foi nomeado engenheiro consultor da Companhia Portuguesa de Fósforos.

Em 1919 foi nomeado professor do Instituto de Hidrologia de Lisboa, e em 13 de Junho de 1933 presidente do mesmo Instituto.

Em 1925 foi nomeado membro do Conselho da Bôlsa Agrícola que substituiu a Comissão Fiscal dos Adubos.

Foi um dos sócios fundadores da Sociedade de Química Física Portuguesa.

Em Janeiro de 1933 foi nomeado Director do Laboratório do Consórcio de Conservas de Peixe, hoje Instituto Português de Conservas de Peixe, a convite do seu antigo

discípulo e assistente e então Director desse Organismo Eng.º Luís de Azevedo Coutinho.

Em 1937, quando do seu jubileu, foi homenageado com a colocação duma lápida comemorativa no Laboratório de Química do Instituto Superior Técnico ao qual foi dado o nome: Laboratório Charles Lepierre.

Em 3 de Maio de 1945 foi-lhe transmitido pelo Ministro de França Mr. Jean du Sault e membros da Colónia Francesa que o futuro liceu Francês em Lisboa, cuja construção breve se iniciará, terá o nome: Liceu «Charles Lepierre».

Pertence a diversas sociedades francesas em Portugal; é presidente da Société de L'École Française de Lisbonne; presidente da Société de Bienfaisance Française (Hôpital de S. Louis).

Possui os seguintes títulos honoríficos e científicos, recebidos nas datas indicadas:

1888 — Membro da Société Chimique de Paris hoje Société de Chimie de France.

1894 — Membro do Instituto de Coimbra.

1895 — (a 13 de Maio) Sócio correspondente da Academia Real das Ciências de Lisboa.

1896 — (3 de Setembro) Oficial da Ordem de S. Tiago de Portugal.

1896 — Membro honorário da Sociedade Farmacêutica Lusitana.

1902 — (Abril) Oficial da Academia de França.

1905 — (Outubro) na ocasião da visita do Presidente Loubet, nomeado oficial de l'Instruction Publique.

1912 — Membro da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais.

1919 — (2 de Fevereiro) Chevalier de la Légion d'Honneur.

1920 — (20 de Abril) Comendador da Ordem de S. Tiago de Portugal.

1927 — (27 de Dezembro) Oficier de la Légion d'Honneur.

1928 — (27 de Novembro) Comendador da Ordem de Cristo.

1931 — (Janeiro) Grande Oficial da Ordem de Instrução Pública.

Durante a sua longa carreira publicou muitos trabalhos originais, alguns apresentados em Congressos das especialidades, colaborou em várias revistas, jornais técnicos, de cujos trabalhos se segue uma colectânea.

Trabalhos originais

1 — Analyse de Cuivres — 1889 (avec Lachaud)
2 — Chromates Doubles — 1890
3 — Analyses des Eaux — 1891
4 — Soufre — 1891
5 — Thallium (Recherches) — 1891
6 — Chromate de Plomb (avec Lachaud) — 1891
7 — Analyse des Jaunes de Crome
8 — Sels de Fer (avec Lachaud) — 1892
9 — Sels de Nickel et de Cobalt — 1892
10 — Verre (Action du sulfate d'ammonium) — 1892
11 — Sulfonation et Oxydation des Matières Organiques — 1892
12 — Thallium (Poids Atomique) — 1893
13 — Ptomaine de Fromage — 1894
14 — B. Tuberculose — 1894
15 — Thallium (Poids Atomique) — 1894 (Réponse à M. Clarke)
16 — Epidémie et Bacille de Lisbonne — 1894
17 — Chlorydro-Sulfate de Quinine
18 — Üeber Die Epidemic Von Lissabon — 1894
19 — Chromates de Fer — 1894
20 — Tissus du XIII Siècle (Tombeaux d'évèques) — 1895
21 — Manganèse — 1895
22 — Fonction Fluorescigène des Microbes — 1896
23 — Analcine (Constitution) — 1896
24 — Dosage de l'Acide Phosphorique dans les Eaux — 1896
25 — Mucine Vraie (b. Fluores) — 1898
26 — Maladie du Sommeil et son Bacille — 1898
27 — Le Colibacille et ses Variétés (Congrès de Lisbonne) — 1898-1901 (Sté. Biologie)
28 — Acidités des Urines — 1898
29 — Mucine d'un Kiste Ovarien — 1898
30 — Acidité des Urines — 1898 (Réponse à MM. Denigés et Lépinois)
31 — Gaz Produits par le Colibacille — 1898
32 — Aldehyde Formique et Mat. Album. — 1899
33 — Eaux Fluorées — 1899
34 — Somatose et Peptones — 1899
35 — Desinfection par l'Aldéhyde Formique — 1899
36 — Formaldehido e o Bacilo da Peste (avec A. Fonseca) — 1899

37 — Bacillus Testicularis (avec A. Fonseca) — 1899
38 — Bacille Fluorescent Pathogêne (avec A. Rocha et A. Fonseca) — 1900
39 — Glucoproteines — 1901-1903
40 — Formadol (avec A. Fonseca) — 1901
41 — Queijos Suspeitos — 1901
42 — Méningocoque — 1901
43 — Queijos da Serra da Estrêla (avec A. C. Magalhães) — 1902
44 — Méningocoque — 1903
45 — Anophelo nos Campos de Coimbra (avec A. Fonseca) — 1903
46 — Farinhas (Contribuição ao estudo da alimentação portuguesa) — 1904
47 — Pão em Coimbra — 1905
48 — Sérum Anti-Méningococcique — 1909
49 — Filtros não Submersos (Applc. à Figueira da Foz) — 1911
50 — Estado Sanitário de Manteigas — 1911
51 — Óleo Mineral de São Tomé — 1912
52 — Cerâmica portuguesa moderna — 1899
53 — Cerâmica portuguesa moderna — 1912 — 2.ª edição
54 — Aspergillus Niger (Le Cadmium) — 1913
55 — Aspergillus Niger (Uranium) — 1913
56 — 1.º — Aspergillus Niger (Remplacement du Zinc par d'autres éléments) — 1913
56 — 2.º — Aspergillus Niger (Remplacement du Zinc par le glucinium) — 1913
57 — Aspergillus Niger (Remplacement du Zinc par le cuivre) — 1913
58 — Aspergillus Niger (Inutilité du Zinc) — 1913
59 — Aspergillus Niger (Expériences de MM. Coupin et Javillier)
60 — Análise dos Minerais de Urânio — 1913
61 — Análise das Águas Mínero-Medicinais — 1913
62 — Descloizite (Análise) — 1918
63 — Análise de Cédulas, Veículos de Micróbios — 1921
64 — Eaux Nitratées — 1921
65 — Radioactivité des Eaux Minérales Portugaises — 1925
66 — Soufre Actif des Eaux Minérales (Dosage) — 1927
67 — Corrossions Electrolytiques — 1930
68 — Tejolos Vermelhos Defeituosos — 1930
69 — Adco (Estrume sintético) — 1930
70 — Os de Mastodonte — 1930
71 — Luz de Wood e os azeites Portugueses (Lep. e P. Carvalho) — 1930
72 — Representation de l'Emanation du Radium — 1931
73 — Gases do Guadiana — 1927
74 — Betteraves Portugaises — 1897
75 — Análise das Conchas do Estuário do Tejo — 1927-1931
76 — Análises das Águas (Considerações) — 1930
77 — Azeites Espanhóis e a Reacção de Bellier — 1931
78 — Análise dum ôsso de Mastodonte
79 — Eaux Sulfatées Aluminiques — 1931
80 — Representation des Eaux Minérales — 1931
81 — Azeites e Conservas de Peixe
82 — Análise da Água do Alviela
83 — Valor Energético do Pinhão Português
84 — Novo tipo de água mínero-medicinal portuguesa: Água bicarbonatada sulfatada sódica
85 — Carvões activados e cloragem das águas
86 — Contribution à l'etude des Minerais l'Uranium — Radium portugais — 1932
87 — Les cires portugaises
88 — L'industrie du Radium au Portugal
89 — Águas minerais acidas (Nota à Academia)
90 — Elementos químicos considerados raros e suas aplicações
91 — Síntese do Zarcão (Nota à Academia em 16 de Novembro de 1933)
92 — Propriedades do Zarcão industrial — 1934
93 — Relatório para C. P. C. S.
94 — Pimentão doce Português
95 — Expressão do Resultado das Análises das Águas Mínero-medicinais — 1934
96 — Conservas de Sardinha — 1935
97 — Determinação de diminutas quantidades de brometos em presença dum grande excesso de cloretos (Nota à Academia em 21 de Março de 1935)
98 — Huiles de Sardine
99 — Inquérito — A indústria do sal em Portugal — 1935
100 — Considerações acerca de análises de sardinhas frescas — Água e gordura
101 — Valeur Alimentaire des Conserves de Sardines Portugaises
102 — Plomb et Conserves de Sardines — 1937
103 — Ytrocolumbite de Moçambique (Nota à Academia de Ciências em 17 de Junho de 1937)

104 — Élémentes rares de la Sardine et des ses conserves
105 — Microelementos nos peixes e respectivas Conservas (Nota à Academia em 21 de Julho de 1938)
106 — Estanho nas Conservas
107 — Étain et conserves — Action de l'étain sur les animaux — 1938
108 — Estudos da Fôlha de Flandres (ferro estanhado) usada na indústria portuguesa de Conservas de peixe (Nota à Academia de Ciências em 20 de Julho de 1939)
109 — Distribution de l'étain dans les conserves — 1940
110 — A influência do tempo na actividade de certos enzimas
111 — Alteração da Sardinha. Degradação do azote proteico — 1941
112 — Origem da alteração química e biológica das Conservas de Peixe
113 — Considerações sôbre óleos dos peixes esqualídeos e congéneres (Nota à Academia de Ciências em Maio de 1942)
114 — Óleos de Peixe (2.ª nota à Academia em Fevereiro de 1943)
115 — Contribuição ao estudo dos óleos dos animais marinhos (Nota à Academia em 13 de Abril de 1941)
116 — Valor alimentar das Conservas de Carapau, Cavala, Atum e Biqueirão anchovado comparado com o da Sardinha — 1944
117 — Anchovagem do biqueirão — Estudo — 1945.

Adenda à bibliografia

1 — Publicação de A. Bensaúde — Comissão dos Trabalhos Geológicos Tomo II — Fasc. I.
2 — Acad. des Sciences de Paris — (Séance de 19 de Mai de 1890)
3 — Soc. Chimique de Paris — (5 de Março de 1891)
4 — Soc. Chimique de Paris — (5 de Março de 1891)
5 — Soc. Chimique de Paris
Acad. des Sciences de Paris — (27 de Julho de 1891)
6 — Soc. Chimique de Paris — 5 de Julho de 1891)
7 — Soc. Chimique de Paris
8 — Soc. Chimique de Paris
Acad. des Sciences de Paris — (11 de Abril de 1892)
9 — Acad. des Sciences de Paris — 11 de Julho de 1892)
Soc. Chimique de Paris — 1892
10 — Soc. Chimique de Paris — (20 de Agosto de 1892)
11 — Soc. Chimique de Paris — (20 de Setembro de 1892)
12 — Soc. Chimique de Paris
Acad. des Sciences de Paris — (13 de Março de 1893)
14 — Journal Pharmacie et Chimie — 1894
15 — Soc. Chimique de Paris — (20 de Maio de 1894)
Journal of the American Chemical Society — 3 de Março de 1894)
16 — Instituto — Coímbra — Vol. XLI — 1894
Coimbra Médica — (1 de Julho de 1894)
La Presse Médicale–(1 de Agosto de 1894)
17 — Coimbra Médica — (1 de Outubro de 1894)
Soc. Chimique de Paris — (Outubro de 1894)
18 — Centralblatt füa Bakteriologie und Parasitenkunde XVII Band — 1895
19 — Soc. Chimique de Paris — (24 de Dezembro de 1894
Acad. des Sciences de Paris — (Outubro de 1894)
20 — Instituto — Coímbra — (Janeiro de 1895)
21 — Soc. Chimique de Paris — 1895
Acad. des Sciences — (Abril de 1895)
22 — Annales Institut Pasteur — Agosto de 1895
Instituto — Coimbra — 1894
23 — Soc. Chimique de Paris — 1896
24 — » » » »
25 — Acad. des Sciences de Paris — (1 de Março de 1898)
Soc. de Biologie de Paris — (21 de Março de 1898)
26 — Coimbra Médica — (1 de Novembro de 1897)
Soc. de Biologie de Paris — (28 de Janeiro de 1898)
27 — Congrès de Lisbonne
Soc. de Biologie de Paris (1901)
28 — Acad. des Sciences de Paris (23 de Maio de 1898)
Soc. Chimique de Paris — 1898
29 — Acad. des Sciences — (6 Junho de 1898)
Soc. Chimique de Paris — 1898

30 — Soc. Chimique de Paris — 1898 — Tomo XIX
31 — Soc. de Biologie de Paris — (17 de Dezembro de 1898)
Coimbra Médica — (10 de Janeiro de 1899)
32 — Acad. des Sciences de Paris — (20 de Março de 1899)
Soc. Chimique de Paris — 1899
33 — Acad. des Sciences de Paris — (23 de Maio de 1899)
Soc. Chimique de Paris — 1899
34 — Coimbra Médica — 1899
Instituto de Coimbra — 1899
35 — Gazeta dos Caminhos de Ferro — (16 de Setembro de 1899)
36 — Coimbra Médica — 1900
37 — Coimbra Médica — 1899
38 — Soc. de Biologie de Paris — (10 de Março de 1900)
39 — Acad. des Sciences de Paris — 1901
Soc. de Biologie de Paris — (19 de Julho de 1901)
Journal de Physiologie et de Pathologie Génerale — (15 de Março de 1903)
40 — Movimento Médico — (Coimbra 5 de Agosto de 1941)
41 — Movimento Médico — (Coimbra 1 de Outubro de 1901)
42 — Movimento Médico — (Coimbra 15 de Janeiro de 1902)
Soc. de Biologie — 1901
43 — Movimento Médico — (Outubro de 1901)
44 — Journal de Physiologie et Pathologie Génerale — (15 de Março de 1903)
Movimento Médico — Coimbra 1902)
45 — Movimento Médico — (Coimbra, 1 de Julho de 1903)
46 — Movimento Médico — (Coimbra, 1904)
47 — » » — (» 1905)
48 — Revue de Hygiène et de Police Sanitaire Paris — (Agôsto de 1909)
49 — Movimento Médico — (15 de Maio de 1911)
50 — » » — 1911
51 — Revista de Química pura e aplicada — 1912
54 — Soc. Portuguesa de Ciências Naturais — Tômo VI — 1912
55 — Soc. Chimique de France — (31 de Março de 1913)
Acad. des Sciences de Paris — (14 de Abril de 1913)
56(1) — Arquivos do Instituto de Câmara Pestana — Tômo IV — Fasc. I
Acad. des Sciences de Paris — (20 de Janeiro de 1913)
56(2) — Soc. Chimique de France — (18 de Janeiro de 1913)
Acad. des Sciences de Paris — (3 de Fevereiro de 1913)
Soc. Portuguesa de Ciências Naturais — Tômo VI — Fasc. 1 — 1912
57 — Soc. Chimique de France — (20 de Maio de 1913)
58 — Soc. Chimique de France — (28 de Outubro de 1913)
Soc. Chimique de France — (3 de Março de 1913)
59 — Soc. Chimique de France — (12 de Janeiro de 1914) — Arquivo do Instituto Bacteriológico Câmara Pestana — Tômo IV — Fasc. II — 1914
60 — Rev. de Química Pura e Aplicada — 1913
61 — Rev. de Química Pura e Aplicada — 1913
62 — Soc. Portuguesa de Ciências Naturais — Tômo VIII — (20 de Fevereiro de 1918)
63 — Diário de Notícias — (29 de Abril de 1921)
64 — Soc. de Biologie - Tômo LXXXV — (17 de Outubro de 1921)
65 — Annale de l'Institut d'Hydrologie de Climatologie — Tômo III — 1925
66 — Chimie et Industrie — 1927 — VII Congrès de Chimie Industrialle
Técnica n.º 5 — Novembro de 1928
67 — Técnica n.º 27 — Abril de 1930
68 — Técnica n.º 27 — Abril de 1930
69 — Técnica n.º 24 — Janeiro de 1930
70 — Técnica n.º 29 — Junho de 1930
71 — Técnica n.º 30 — Novembro de 1930
72 — Vol. des Comunications du Congrès International d'Hydrologie de Lisbonne — (Outubro de 1930)
Técnica n.º 32 — (Janeiro de 1931)
73 — Técnica n.º 12 — (Março de 1927)
74 — Association des Chimistes — n.º 8 — (Fevereiro de 1898)
75 — Técnica n.º 34 — (Março de 1931)
76 — Academia de Ciências — (19 de Junho de 1930)
77 — Chimie et Iudustrie — 1931
Técnica n.º 28 — (Maio de 1930)
Academia de Ciências — (9 de Julho de 1931)

79 — Comunications XIII Congrès International d'Hydrologie, de Climatologie et de Géologie Médicales — (Outubro de 1930)
80 — Vidé n.º 79
81 — Chimie et Industrie — 1931
Rev. de Química Pura e Aplicada — 1933
82 — Técnica n.º 34 — (Março de 1931)
83 — Técnica n.º 40 — (Janeiro de 1932)
84 — Técnica n.º 42 — (Março de 1932)
85 — Brotéria — Vol. XIV — Fasc. 4 — (Abril de 1932)
86 — Soc. Chimique de France — (Outubro de 1932)
87 — Anais do I. S. T. — Vol. I — 1934
88 — Anais do I. S. T. — Vol. I — 1934
Publicada também pelo Instituto Francês de Lisboa
89 — Técnica n.º 46 — (Novembro de 1932)
90 — Técnica n.º 50 — 1933
91 — Nota à Acad. de Ciências — (16 de Novembro de 1933)
92 — Nota à Acad. de Ciências — (28 de Fevereiro de 1934)
94 — Técnica n.º 60 — (Abril de 1934)
95 — Instituto de Hidrologia e Climatologia de Lisboa
97 — Revista de Química Pura e Aplicada — 1935
Técnica n.ºs 67 e 68 — (Maio e Junho de 1935)
98 — Revista de Química Pura e Aplicada — 1935
Técnica n.ºs 69 e 70 — (Novembro e Dezembro de 1935)
99 — Universidade Técnica de Lisboa
100 — Revista de Química Pura e Aplicada — (1936)
101 — Congrès International de la Conserve — (Paris 1937)
102 — Tipografia Leixões — Matosinhos 1938
103 — Memórias da Academia de Ciências de Lisboa — Tomo I — 1937
104 — Revista «Conservas» — Matosinhos 1938
Chimie et Industrie — 1938
105 — Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — 1939
106 — Chimie et Industrie — 1938
107 — 18.º Congrès de Chimie Industrielle — 1938
108 — Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — (1939)
110 — Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — (1940 — Tomo III)
111 — Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — (1941 — Tomo III)
112 — Técnica — Dezembro de 1942
113 — Nota à Acad. de Ciências — Maio de 1942
114 — Nota à Acad. de Ciências — Fevereiro de 1943
115 — Nota à Acad. de Ciências — 13 de Abril de 1944

PUBLICAÇÕES

1 — Pão e farinha portuguesas — 1889
2 — Villes p'eaux du Portugal — Paris 1890
3 — Análises de urinas — 1.ª edição — 1895
4 — Análises de urinas — 2.ª edição — 1896
5 — Schutzenberger — 1896
6 — Congresso Internacional de Química Aplicada — 1897/1906
7 — Cerâmica portuguesa moderna — 1.ª edição — 1899
8 — Albuminas urinárias — Dosagem — 1899
9 — Análises das terras — 1899
10 — Formadol (Desinfecção) — 1899
11 — Micróbios e a Vida — 1899
12 — Dr. Augusto Rocha — 1901
13 — A doença do sono — 1904
14 — Farinha de ricino para adubo — 1905
15 — Semeiologia urinária (Calab. de Nogueira Lobo) Coimbra — 1905
16 — Serviços Municipalizados do Gás de Coimbra — 1905
17 — Serviços Municipalizados do Gás de Coimbra — Viagem ao Estrangeiro — 1905
18 — Bases oficiais para a apreciação dos Vinhos — 1905
19 — Constitution des albuminoïdes — 1906 — Lisboa
20 — Le Laboratoire de Microbiologie — Coimbra 1906
21 — Palestra sôbre Higiene (Conferência na Liga de Educação Nacional) — 1908
22 — Dualismo da Tuberculose — IV Congresso — Liga Nacional Contra a Tuberculose — 1909
23 — Análises de urinas — 3.ª e 4.ª edição — Coimbra 1909
24 — A água — Lição na Federação das Associações de Classe — Coimbra 1909
25 — Estado Sanitário das Manteigas — (Sep. do Movimento Médico) — 1911
26 — Despedida — Coimbra de 1911

27 — O que é a química — Conferência na Universidade Livre — Lisboa 1912
28 — Cerâmica portuguesa moderna — 2.ª edição — 1912
29 — Jules Verne — 1923
30 — Vista Alegre — Centenário — 1924
31 — Defesa do título de Engenheiro — Lisboa 1926
32 — Análises de urinas — 5.ª edição — 1926
33 — Conferência — Sindicato Metalurgico — Universidade Popular — 1926
34 — Os grandes homens da Ciência — Roberto Duarte Silva — Publ. Técnica — Abril de 1928
35 — Conferência sôbre Cerâmica — Museu do Carmo de Lisboa — 5 de Maio de 1928
36 — O fabrico de estrume sintético a partir dos desperdícios vegetais — (Pronunciamento para o Ministro da Agricultura) — 15 de Abril de 1929 — Publ. na Técnica — Janeiro de 1930
37 — Notas de Tecnologia Química — Publ. na Técnica n.º 27 — Abril de 1930
38 — Indústrias químicas do mar — Possibilidades de creação de novas indústrias — Nota ao 1.º Congresso de Engenharia — 1930
39 — Schutzenberger — 1930
40 — Chimie et Physique-Chimie des eaux Portugaises — Le Portugal hèdrologique et climatique — Cong. Int. d'Hydrologie de Lisboa — Outubro de 1931
41 — Leites — sua composição — Conferência no Instituto de Ciências Económicas e Financeiras.
42 — A côr em cerâmica — Publ. na revista da Arquitectura portuguesa e cerâmica e edificações — 1935
43 — Inquérito — A indústria do Sal em Portugal — 1935 — Publ. da Universidade Técnica de Lisboa
44 — A química no Palácio da Descoberta na Exposição Internacional de Paris 1937 — Publ. na Técnica
45 — Instituto Português de Conservas de Peixe — Publ. Boletim dos Organismos Corporativos e de Coordenação Económica — Outubro e Dezembro de 1937/38
46 — A química da Conserva — Publ. no Livro de Ouro das Conservas — 1938
47 — Fiscalização no Fabrico e Comércio das Conservas de Peixe Portuguesas — Publ. na Revista de Marinha 22/12/938 — Pág. 22
48 — Valor alimentar da Conserva de Sardinha Portuguesa — Publ. na Revista de Marinha — 22/12/938 — Pág. 1 a 18
49 — XVIII Congresso de Química Industrial — Nancy — (Suspenso por motivos Internacionais) — Publ. na Técnica de Dezembro de 1938
50 — A propósito do Matemático Lagrange — Publ. na Técnica N.º 103 — Junho de 1939
51 — Vida de Pasteur — Fasc. II do Boletim do Instituto Francês — Janeiro de 1940
52 — Elemento e Corpo Simples — Publ. na Técnica N.º 133 — Dezembro de 1942
53 — A investigação científica na indústria das Conservas de Peixe — Nota apresentada ao Congresso Luso-Espanhol — Porto 1943

BIOGRAFIAS

1 — Schutzenberger — 1897
2 — Dr. Augusto Rocha — Necrologia — C. Médica 1901
3 — Jules Verne — 1923 — Conferência na Sociedade de Geografia de Lisboa
4 — Os grandes homens da Ciência — Roberto Duarte Silva — 1928 — Publ. na Técnica N.º 13 — Abril de 1928
5 — Schutzenberger — 1930
6 — Centenário de Roberto Duarte Silva — Homenagem prestada ao Mestre — Separata da Revista de Química Pura e Aplicada — 1937 — Publ. na Técnica N.º 83 — Março de 1937
7 — 1938 — Bernard Courtois — Descobridor do iodo — Separata das Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — Classe de Ciências, Tômo I — 1939 — Publ. na Técnica N.º 93 — Maio de 1938
8 — Pierre et Marie Curie — Comemorativo do 40.º aniversário da descoberta do Rádio — Separata das Memórias da Acad. de Ciências de Lisboa — 1939 — Separata do Arquivo de Patologia — Vol. XI — N.º 1 de Abril de 1943 — Publ. na Técnica N.º 99 — Fevereiro de 1939
9 — Vida de Pasteur — Fasc. II do Boletim do Instituto Francês — Janeiro de 1940
10 — Duclaux — Centenário — Separata da Acad. de Ciências de Lisboa — 1940

11 — Cardoso Pereira — Publ. na Técnica N.º 116 — Janeiro de 1941

12 — Paul Sabatier — Boletim da Academia de Ciências de Lisboa — 1941 — Homenagem ao Dr. Costa Sacadura — Novembro de 1941

13 — A biografia de Lavoisier — Separata da Academia de Ciências — As comemorações do segundo centenário de Lavoisier — 1944

14 — Segundo centenário de Lavoisier — Esbôço da sua obra científica — Separata da Academia de Ciências — As comemorações do segundo centenário de Lavoisier — 1944

15 — Lavoisier — Publ. nas Afinidades — N.º 5 — 1944

Realizou as seguintes Conferências:

1899 — Maio 28 — «Os Micróbios e a Vida» — Conf. de vulgarização na Associação dos Artistas de Coimbra

1908 — Novembro 29 — «Palestra sôbre Higiéne» — Ar atmosférico sua composição e suas alterações — Conf. promovida pela Liga de Educação Nacional de Coimbra

1909 — Janeiro — «A água» — Lição na Federação das Associações de Classe

1912 — Maio 19 — «O que é a química» — Lição realizada na Universidade Livre de Lisboa

1919 — 1.º — Eaux minérales portugaises — 2.º — Industries extractives du Portugal — Academia de Toulouse — Cours de Vacances

1924 — Junho 14 — «Radioactividade» — Realizada na Associação dos Engenheiros Civis Portugueses

1930 — Março 15 — «Paul Schutzenberger» — Conf. realizada na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

1932 — Junho 27 — «Causerie» — no Foyer des Anciens Combattants Belges Français

1933 — Junho 17 — «Leites sua composição» — Conf. realizada no Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras

1934 — Junho 11 — «A química contemporânea 1921/1934» — Conf. realizada na reunião dos Engenheiros do Curso de Química de 1921

1938 — Novembro 23 — «Homenagem a Pierre e Marie Curie» — Conf. realizada no Cinema de S. Luís no dia Curie da Semana Internacional Contra o Cancro — Publ. na revista Técnica e numa separata da mesma

1941 — Janeiro — «Conservas» — Conf. feita na Ordem dos Engenheiros de Lisboa

1941 — Maio — «Ciclo do azoto» — Conf. feita na Ordem dos Engenheiros de Lisboa

1941 — Maio 15 — «A propósito da microdosagem do chumbo nas substâncias orgânicas (Sangue e alimentos, etc.)» — Palestra feita na Academia de Ciências de Lisboa

1942 — Novembro 11 — «Elemento e corpo simples» — Conf. realizada na Ordem dos Engenheiros em Lisboa — Publ. na Técnica de Dezembro de 1942

1944 — Janeiro 15 — «Lavoisier» — Conf. realizada em Setúbal a convite do Delegado da Aliance Française em Setúbal.

Na sua activa carreira de analista fez centenas de análises de águas particulares e concessionadas das quais vêm citadas na publicação do Ministério da Economia, Secção geral de minas e Serviços Geológicos — Águas de Portugal do Eng.º Luiz Acciainoli — 161 análises. No Portugal Hidrológico cita-se um total de 118 análises de águas realizadas só por si ou de colaboração.

Tomou parte nos seguintes congressos, em muitos dos quais como delegado do govêrno português:

1900 — Julho 23 a 28 — 4.º Congresso de Química Aplicada — Paris

1903 — 5.º Congresso Internacional de Química Aplicada — Berlim

1906 — Abril — 15.º Congresso Internacional de Medicina — Lisboa

1907 — 4.º Congresso Nacional Contra a Tuberculose — Porto — Trabalho apresentado: «Questão do dualismo na tuberculose»

1912 — Fevereiro — 8.º Congresso de Química Aplicada — New-York e Washington

1918 — Março 18 a 23 — Congresso Geral do Engenheiro Civil — Paris

1925 — Outubro 4 a 11 — 5.º Congresso Internacional de Química Industrial Paris e Grenoble

1927 — Outubro 5 a 7 — 12.º Congresso Internacional de Hidrologia, Climatologia e Geologia Medicinais — Lyon

1927 — Outubro 16 a 22 — 7.º Congresso Internacional de Química Industrial — Paris

1927 — Outubro 12 a 16 — Congresso da Sociedade Internacional de Hidrologia Médica — Roma

1930 — Outubro 15 — 13.º Congresso de Hidrologia — Lisboa — Congresso de que foi um dos organizadores e que deu lugar à publicação do Portugal Hidrológico, cuja parte química lhe foi entregue. Trabalhos apresentados: I — Représentation de l'émanation du Radium (Radon) — II — Représentation des analyses des eaux minérales — III — Les eaux minérales sulfatées aluminiques

1931 — Junho — 1.º Congresso Nacional de Engenharia — Lisboa — Trabalho apresentado: Indústrias químicas do mar — Possibilidades de novas industrias em Portugal — Publ. na Revista dos Engenheiros Civis — Janeiro 1932 e na Técnica N.º 38 — Novembro de 1931

1932 — Setembro 25 a 11 de Outubro — 12.º Congresso Internacional de Química Industrial — Praga — Trab. apresentados: Les cires portugaises — L'industrie du Radium au Portugal

1931 — Setembro 27 a 3 de Outubro — 11.º Congresso Internacional de Química Industrial — Trab. apresentados: Réaction de Bellier et Huiles d'olive e Huile et conserves de poissons

1933 — Outubro 4 a 8 — 14.º Congresso Internacional de Hidrologia, Climatologia e Geologia Medicinais — Toulouse

1934 — Abril 5 a 11 — 9.º Congresso Internacional de Química pura e aplicada — Madrid — Trab. apresentado: Os sais marinhos portugueses

1934 — Outubro 21 a 27 — 14.º Congresso Internacional de Química Industrial — Paris

1935 — Setembro 22 a 28 — 15.º Congresso Internacional de Química Industrial — Bruxelas — Trab. apresentado: Huiles de sardine

1937 — Setembro 26 a 3 de Outubro — 17.º Congresso Internacional de Química Industrial — Paris — Trabalho apresentado: Chumbo e conservas de sardinha

1937 — Outubro — 1.º Congresso Internacional da Conserva — Paris — Trab. apresentado: Valeur alimentaire des conserves de sardines portugaises. Colab. de Elvira de Castro Rodrigues

1937 — 11 a 13 — 6.º Congresso de Química Biológica — Lyon — Trab. apresentado: Chumbo e conservas de sardinha

1938 — 10.º Congresso Internacional de Química — Jubileu científico de Bertrand

1938 — Setembro 22 a 2 de Outubro — 18.º Congresso Internacional de Química Industrial — Nancy — Trab. apresentados: Elements raros des poissons e de leurs conserves; L'étain dans les conserves de sardines — Congresso suspenso por motivos internacionais

1942 — Junho — Congresso luso-espanhol para o progresso das ciências — Porto — Trab. apresentado: A investigação científica na indústria das conservas

FÍSICA, TEORIA E TÉCNICA

TRÊS FACETAS DO MESMO PRISMA

PELO ENG.º P. DE BRITO ARANHA
PROF. DO I. S. T. E DA E. E.

C. D. 621.318

Para esclarecer uma divergência de critério que freqüentemente se manifesta em presença de certos problemas de aplicação, sobretudo ao terem de relacionar-se com a técnica os conhecimentos preparatórios anteriormente adquiridos, abordou-se um caso simples mas verdadeiramente típico — a equação do circuito oscilante de constantes concentradas em regime de oscilações naturais amortecidas — e tratou-se por vias diferentes, de modo a demonstrar que, quando o engenheiro propositadamente lança mão de ferramentas expeditas, só executa técnica inferior se não possuir perfeita consciência das hipóteses em jôgo e do grau de aproximação a que elas o vão conduzir; e, pelo contrário, quando sistemàticamente se serve de metódos menos singelos, embora na aparência mais rigorosos, muitas vezes se arrisca a deixar na sombra alguns aspectos práticos essenciais dos fenómenos a analisar.

Circuito oscilante, no seu aspecto ideal, é um sistema eléctrico simultânea e exclusivamente dotado de auto-indução e de capacidade. Pode considerar-se que a auto-indução, L, traduz a propriedade de armazenar energia sob forma magnética, e a capacidade, C, a de armazenar energia sob forma eléctrica. Os circuitos oscilantes, na prática, possuem inevitàvelmente, uma certa, embora limitada, resistência óhmica, R, por meio da qual pode representar-se a propriedade de consumir energia, nomeadamente sob a forma de dissipação térmica.

L, C e R, grandezas características do circuito, podem em primeira aproximação supor-se constantes (1) ou invariáveis e, além disso, localizadas ou *concentradas* em três regiões distintas, a auto-indução na bobina (2), a capacidade no condensador, a resistência no condutor de ligação; no estabelecimento das equações pode igualmente admitir-se que a intensidade é, em cada instante, a mesma em todos os pontos do circuito (*regime quási estacionário,* válido desde que as dimensões do circuito sejam pequenas em relação ao comprimento de onda) (3).

Um circuito oscilante assim concebido é puramente teórico, visto que as grandezas características nunca são, na prática, rigorosamente distintas e nem sempre podem consi-

(1) Dizem-se também *constantes características* do circuito.

(2) A bobina não terá núcleo de ferro ou, se o tiver, trabalhará longe da saturação. Os núcleos de «ferro», em radiofreqüência, são de matéria pulverizada isolada e comprimida, aliás as correntes de Foucault e as perdas por histerésis conduziriam a perdas inadmissíveis.

(3) Forma expressiva e prática de exprimir que o campo magnético originado pela variação do fluxo do vector densidade de corrente de deslocamento é desprezível em relação ao campo magnético da corrente de condução e isto apesar do valor elevado das freqüências em jôgo.

derar-se constantes, desde que se suponha que a freqüência varia. Em particular, a bobina tem sempre resistência [1] e, acumulando entre as espiras uma certa quantidade de electricidade, possue também uma pequena capacidade [2]; por seu turno, o condensador origina perdas, o que equivale a introduzir no circuito uma certa resistência [3]. Quanto ao valor global da resistência, afectado por vários factores, em especial pelo efeito pelicular, pelo efeito de proximidade entre as espiras das bobinas e pela dissipação de energia nos dieléctricos circunvizinhos, varia consideràvelmente com a freqüência, pode até dizer-se que lhe é *grosseiramente proporcional.*

Apesar de tais restrições, as conclusões do estudo do circuito oscilante teórico, tal como se concebeu, por hipótese, são susceptíveis de legítima *extensão* [4], largamente *justificada pela experiência,* e daí o seu interêsse fundamental.

O circuito oscilante de *constantes concentradas* designa-se também pelo nome de *circuito fechado.* O exame dos circuitos fechados visa o movimento da electricidade, sem cuidar das acções exteriores não imediatamente vizinhas; constitue uma grande primeira secção da técnica radioeléctrica. Do circuito oscilante simples passa-se aos circuitos conjugados, que permitem transformações da energia mais bem adaptadas às necessidades da utilização prática e generalizam, no fundo, o princípio do transformador industrial.

A grande segunda secção da radiotecnia geral, ligada ao estudo dos *circuitos abertos* ou de *constantes repartidas,* examina designadamente os fenómenos que presidem à propagação das correntes e ao radiamento. As suas aplicações e os seus processos de análise são nìtidamente diferentes. A corrente, nos circuitos de constantes repartidas, varia, num dado instante, de ponto para ponto, pois já não são desprezíveis as suas dimensões em relação ao comprimento de onda; pode com propriedade afirmar-se que o regime propagatório se opõe ao regime quási estacionário [5].

Um circuito dotado simultâneamente de auto-indução e de capacidade manifesta, desde que a resistência seja fraca, uma tendência natural para vibrar ou oscilar, tal como, em mecânica, um sistema dotado simultâneamente de inércia e de elasticidade. O paralelo é flagrante. Sob a acção duma perturbação eléctrica qualquer o circuito é capaz de imprimir às transformações da energia que em si armazena um carácter vibratório, pode perfeitamente comparar-se a um sistema mecânico susceptível de oscilar.

Num sistema mecânico em vibração a energia passa alternadamente da forma potencial ou elástica à forma viva ou cinética; num sistema eléctrico em oscilação a energia passa alternadamente da forma potencial ou eléctrica à forma cinética ou magnética. A capacidade do condensador comporta-se como a elasticidade e a auto-indução equivale à inércia. Num e noutro caso, há dissipação ou degradação térmica da energia, a qual se traduz por um factor de amortecimento, no sistema mecânico devido ao atrito ou à viscosidade do meio, no sistema eléctrico devido à resistência óhmica do condutor.

Mas, exactamente como em mecânica, as oscilações eléctricas podem revestir dois aspectos diferentes. Duas são, efectivamente, as maneiras que tornam o circuito oscilante sede duma corrente eléctrica alternada.

O primeiro aspecto do fenómeno, do domínio, aliás, da própria electricidade industrial, é a acção duma f . e . m . alternada. O circuito é, então, percorrido por uma cor-

---

(1) Resistência afectada por várias influências, como adiante se especificará.

(2) Dita *capacidade repartida.*

(3) Em certos casos, a existência dum campo magnético na vizinhança do condensador leva mesmo a atribuir-lhe uma certa auto-indução.

(4) A extensão mais interessante refere-se ao caso em que não há resistência no condutor de ligação mas apenas na bobina (e, eventualmente, no condensador).

(5) O fluxo magnético do vector densidade de corrente de deslocamento já se não pode desprezar — forma teórica de exprimir a mesma idéia.

rente alternada cuja freqüência é precisamente a da f . e . m . aplicada. Diz-se em regime de *oscilações forçadas* (1).

Mas a acção duma f . e . m. alternada, como das considerações antecedentes se infere, não é indispensável para que no circuito se produza uma corrente de sentido periòdicamente variável — e êste é o segundo aspecto do fenómeno. Qualquer quantidade de energia prèviamente acumulada no circuito, quer sob forma electromagnética na bobina, quer sob forma electrostática no condensador, se dissipa naturalmente, desde que a resistência seja fraca, segundo uma lei vibratória amortecida, que ìntimamente rege o movimento livre da electricidade no circuito. A freqüência das oscilações é, então, a freqüência própria do circuito (2), depende essencialmente das suas grandezas características. O circuito diz-se em regime de *oscilações naturais* (amortecidas).

Correspondem, assim, as oscilações naturais amortecidas à dissipação duma quantidade de energia armazenada no circuito. Vai, pois, imaginar-se que, no instante tomado para origem, existe uma carga Q_o no condensador, entre cujas armaduras haverá, dêste modo, uma diferença de potencial V_o; ou, então, que uma corrente I_o percorre a bobina de auto-indução.

No primeiro caso, a energia inicial será eléctrica e terá por expressão:

$$W_e = \frac{1}{2}\frac{Q_o^2}{C} = \frac{1}{2} C V_o^2$$

No segundo caso, a energia inicial, de forma magnética, exprimir-se-á:

$$W_m = \frac{1}{2} L I_o^2$$

V_o, valor da diferença de potencial nos terminais do condensador, e I_o, valor da corrente na bobina, são, com o instante $t = o$, as condições iniciais. Conhecidas estas condições, a equação que relaciona as grandezas características do circuito permite calcular, num instante qualquer posterior t, os valores instantâneos da diferença de potencial v bem como da corrente i, suposta a mesma em todos os pontos do circuito (regime dito quási-estacionário, sempre possível de admitir, mesmo às radiofreqüências, desde que as dimensões do circuito sejam pequenas em relação ao comprimento de onda).

A referida equação de valores instantâneos pode obter-se por diferentes vias, as quais conduzem, evidentemente, a resultados idênticos.

O processo que, no estudo das oscilações eléctricas, se revela mais sugestivo, sob o aspecto físico, é a aplicação do princípio da conservação da energia (3): exprime, analìticamente, que, no intervalo de tempo $(t, t + dt)$ a energia total em jôgo se conserva invariável Ora a energia eléctrica varia de:

$$d\left(\frac{1}{2} C v^2\right) = C v \, d v$$

A energia magnética varia de:

$$d\left(\frac{1}{2} L i^2\right) = L i \, d i$$

---

(1) Para que num circuito eléctrico se manifeste um regime periódico de oscilações forçadas nem sequer é necessário que o circuito seja oscilante.

(2) Tal como acontece nos sistemas oscilantes mecânicos, em regime de oscilações livres ou naturais.

(3) Verdadeiro sem restrições dentro do grau de aproximação definido pelas hipóteses que se formularam.

Finalmente, a dissipação térmica exprime-se:

$$R\,i^2\,dt \quad (^1)$$

Por conseqüência:

$$C\,v\,dv + L\,i\,di + R\,i^2\,dt = o$$

Esta expressão dividida por idt conduz à equação de valores instantâneos que rege o movimento da electricidade no circuito:

$$L\frac{di}{dt} + R\,i + \frac{1}{C}\int_o^t i\,dt = o$$

observando que:

$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt} \qquad v = \frac{1}{C}\int_o^t i\,dt$$

A segunda lei de Kirchhoff, generalizada ao regime variável, dava-a directamente, podendo mesmo escrever-se v em vez de $\frac{1}{C}\int_o^t i\,dt$:

$$-L\frac{di}{dt} - v = R\,i$$

Este resultado não é, aliás, outra coisa do que o fornecido pelas leis do electromagnetismo, quando se introduzem as hipóteses simplificadoras que se mencionaram.

O estabelecimento desta equação em valores instantâneos constitue, realmente, um problema que nìtidamente põe em evidência como podem diferir os pontos de vista do físico, do teórico e do técnico; e para esclarecer a essência filosófica de tal diversidade de conceitos, à luz da qual melhor pode compreender-se o critério que se julga dever adoptar-se ao longo dum texto de aplicação, vale a pena dedicar-lhe algumas considerações complementares.

O físico não deve contentar-se senão com *equações locais* ou diferenciais, verificáveis em qualquer ponto, relacionando grandezas medidas na sua vizinhança imediata. Amplamente generalizável, o seu significado amolda-se com flexibilidade às concepções especulativas do génio criador.

O teórico ainda necessita das equações locais mas o seu objectivo consiste principalmente em transformá-las, de modo a revesti-las da forma integral que corresponde aos diferentes casos de aplicação Corresponderão às várias hipóteses as várias *equações integrais* de que o técnico virá depois a servir-se.

Mas o técnico necessita imperiosamente duma ferramenta prática, tão simples quanto possível, que lhe permita atingir fàcilmente os resultados finais e efectuar com precisão as aplicações numéricas. Cumpre-lhe procurar legítimas simplificações e, sem esquecer as limitações que elas impõem, tentar reencontrar por meio de regras expeditas as equações integrais que o teórico deduziu. A 2.ª lei de Kirchhoff — aplicável, em regime quási-estacionário, a circuitos de constantes concentradas — não foi certamente formulada com outra intenção; e, por vezes, ainda não é suficientemente prática para o engenheiro de telecomunicações, que se vê forçado a reduzir as malhas eléctricas complicadas, com que tem de tratar, a sistemas de um par ou dois pares de polos (bipolos ou quadripolos), afim de poder, depois, resolvê-las com perfeita clareza e sem inadmissíveis perdas de tempo.

---

(1) Desprezando legìtimamente termos de ordem superior à primeira.

Recorda-se que, sob forma local, as equações do electromagnetismo se escrevem, em notação vectorial, sendo $\vec{E}$ e $\vec{H}$ os vectores campo eléctrico e campo magnético, $\vec{B}$ o vector indução magnética ($\vec{B} = \mu \vec{H}$) e $\vec{J}$ o vector densidade de corrente total:

$$-\frac{d\vec{B}}{dt} = \text{rot}\,\vec{E}$$

$$4\pi\vec{J} = \text{rot}\,\vec{H}$$

Admitindo, com Maxwell, o papel da corrente de deslocamento, que torna incompressível o fluido eléctrico (fluxo conservativo, div $\vec{J} = 0$) e produz efeitos magnéticos análogos aos duma corrente de condução, o vector densidade de corrente total $\vec{J}$ é a soma do vector densidade de corrente de condução $\vec{j}$ e do vector densidade de corrente de deslocamento $\frac{1}{4\pi}\frac{d\vec{D}}{dt}$, sendo $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$:

$$\vec{J} = \vec{j} + \frac{1}{4\pi}\frac{d\vec{D}}{dt} \text{ (1)}$$

Quanto a $\vec{j}$, a lei de Ohm define o seu valor:

$$\vec{j} = \sigma(\vec{E} + \vec{E}_e)$$

Se se não considerarem heterogeneidades no circuito, capazes de produzir um campo electromotor $\vec{E}_e$, poder-se-á supor $\vec{E}_e = 0$ e escrever simplesmente:

$$\vec{j} = \sigma\vec{E}$$

Se, além disso, as dimensões do circuito forem pequenas em relação ao comprimento de onda, o campo magnético originado pela variação do fluxo do vector densidade de corrente de deslocamento pode desprezar-se em relação ao campo magnético da corrente de condução, mesmo que a freqüência não seja baixa (caso em que o desprêzo é sempre legítimo); isto significa que não haverá que considerar a energia radiante ou, o que é o mesmo, que se não manifestarão fenómenos de propagação; ter-se-á, pois, um regime *quási-estacionário* (mesma intensidade da corrente em todos os pontos do circuito). O vector $\vec{J}$ reduzir-se-á ao vector densidade de corrente de condução $\vec{j}$.

Nessas condições, aplicando a identidade de Stokes, por meio da qual a circulação dum vector ao longo duma curva fechada é igual ao fluxo (2) do seu rotacional através duma calote de superfície limitada pela curva, poder-se-á escrever:

---

(1) Num meio puramente dieléctrico, ter-se-ia:

$$-\frac{d\vec{B}}{dt} = \text{rot}\,\vec{E} \qquad\qquad -\frac{d\vec{H}}{dt} = \text{rot}\,\vec{E}$$

No vazio ou, aproximadamente, no ar:

$$\frac{d\vec{D}}{dt} = \text{rot}\,\vec{H} \qquad\qquad \frac{d\vec{E}}{dt} = \text{rot}\,\vec{H}$$

A simetria destas equações conduziu Maxwell à prodigiosa previsão das ondas electromagnéticas, que mais tarde a experiência haveria de tão estrondosamente confirmar.

(2) Devendo o sentido positivo da normal à superfície ser o da translação dum saca-rôlhas que gira no sentido da circulação.

$$\int_l \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{d}{dt}\iint_S B_n \, dS \left(= -\frac{d\phi}{dt}\right)$$

$$\int_l \vec{H} \cdot \vec{dl} = 4\pi \iint_S j_n \, dS \, (= 4\pi i)$$

Estas expressões traduzem, respectivamente:

A lei geral da indução electromagnética ou *lei de Faraday*: *A circulação, ao longo dum circuito, do vector campo eléctrico originado pela variação do fluxo magnético* (1), *através do circuito, é numèricamente igual à velocidade de variação do fluxo* (e de sinal contrário no sistema electromagnético, que expressivamente se harmoniza com a lei de Lenz);

A lei de Ampère: A circulação do vector campo magnético ao longo dum contôrno fechado que abrace o circuito é numèricamente igual a 4 π vezes a corrente que flue no circuito.

Já se admitiu ser o *regime quási-estacionário*; introduzam-se agora mais algumas hipóteses simplificadoras. Suponha-se ser o campo magnético da corrente de condução localizado ou *concentrado* na bobina e ser *constante* a permeabilidade do seu circuito magnético (2); ter-se-á, pela lei de Ampère, $\phi = Li$. Suponha-se, também, que não há perdas dieléctricas nem magnéticas, tôda a *resistência* se *concentrando* no condutor de ligação (3), imaginado *homogéneo* (σ = constante), *linear*, quere dizer longo e fino, e com distribuïção *uniforme* da corrente (4): a circulação do vector campo eléctrico ao longo do condutor conduzirá ao valor Ri (5). Supondo ainda que tôda a capacidade se encontra no condensador (o que equivale a desprezar a capacidade repartida da bobina), a circulação do vector campo eléctrico, nesse trôço do circuito, conduzirá ao valor $\int idt/C \, (= v)$.

A circulação do vector campo eléctrico será então:

$$\int_l \vec{E} \cdot \vec{dl} = Ri + \frac{1}{C}\int idt$$

A velocidade de variação do fluxo magnético será:

$$-\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

A lei geral da indução electromagnética dará, portanto:

$$Ri + \frac{1}{C}\int idt = -L\frac{di}{dt}$$

Esta conclusão prática, escrita da maneira seguinte:

$$-L\frac{di}{dt} - \frac{1}{C}\int idt = Ri$$

---

(1) Fluxo do vector indução magnética.

(2) Bobina sem núcleo de ferro ou, tendo-o, longe da saturação.

(3) A bobina não teria resistência e o condensador seria perfeito.

(4) Em radiofreqüência, não há uniformidade de distribuïção da corrente nos condutores, motivo porque a resistência, além de diferente do valor que teria em corrente contínua, se não pode considerar constante quando a freqüência varia. Eis um aspecto que pode fàcilmente escapar quando se escreve sob forma integral o valor da circulação do vector campo eléctrico no condutor de ligação.

(5) Com $R = \rho l/s$.

outra coisa não é mais do que a *2.ª lei de Kirchhoff* generalizada ao regime variável (em que os dois termos do primeiro membro se consideram fôrças electromotrizes generalizadas de sinal negativo ou fôrças contra-electromotrizes): *«a soma das f. e. m. iguala as quedas óhmicas»*. O técnico escreve-a imediatamente, sem hesitações, e aplica-a sem receio, desde que não esqueça as hipóteses a que obedece e faça perfeita ideia do êrro que comete quando obrigatòriamente haja de afastar-se delas. E algumas vezes, tal a complexidade das malhas eléctricas a resolver, ainda a deixará de parte, por se lhe afigurar demasiadamente complicada para a solução expedita das suas questões usuais.

Sem pôr de lado as concepções mais fàcilmente generalizáveis, destinadas ao estudo teórico de problemas novos que o investigador haja de profundar, preste-se, pois, sincera e legítima homenagem a Kirchhoff e a alguns dos seus *também geniais* continuadores, como Thevenin e Foster, pois sem tão penetrante e fecundo sentido técnico, directamente orientado para a concreta aplicação numérica, ainda hoje certos capítulos de telecomunicações não teriam entrado na franca realização industrial.

DOIS ACONTECIMENTOS NOTÁVEIS

PELO ENG.º QUÍM. (I. S. T.) A. M. DA PAIXÃO

C. D. 539.15

Na tarde chuvosa e fria do dia 19 de Novembro p. p., no ambiente mais frio ainda daquele salão da Academia das Ciências, pesado e húmido, pobre e triste como capela humilde de aldeia em Semana Santa, o Professor Bragg dissertou sôbre um dos problemas relativos ao estado metálico. Magistral lição! É possível que se notem nas poucas linhas que vamos escrever, numerosas divergências com as palavras e pensamentos do Professor Bragg. Não dispomos de qualquer apontamento ou singela nota. Aquela cadeira, cujo espaldar se poderia considerar como um símbolo de justiça — direita e rígida — pode constituir amável convite para fuga no curto intervalo de uma projecção fotográfica, mas não é de recomendar, para aqueles que, na rápida e pronta reflexão, na serena e calma meditação, esquecidos de si próprios, procurem acompanhar a novidade de conceito, a independência de espírito, a oportunidade de argumento, a justeza de crítica que o conferente vai apresentando em rasgos de génio, fugazes como relâmpagos.

Que, ouvir uma conferência, é prazer a gosar e não penitência a cumprir.

Na assistência, caras conhecidas, por nós entrevistas, entre alunos e professores do I.S.T., apenas seis.

São estes os factos notáveis que queríamos apontar. Deixar sem referência o primeiro, seria ingratidão; deixar em claro o segundo, seria indiferença. A primeira não é de perdoar; a segunda não é de permitir.

* * *

Os metais são resistentes; porquê? de que depende essa resistência?

A resistência de um metal é uma das suas propriedades, mas não sabemos ao certo o que determina essa resistência. Um metal possue uma estrutura eminentemente cristalina, que nos é familiar. Os cristais num metal puro estão dispostos segundo uma certa lei, e os átomos distribuem-se em cada cristal de uma maneira perfeita. Nestas condições, a resistência à deformação é fraca. Uma barreta de um metal, por exemplo o cádmio, cujo desenvolvimento se tivesse efectuado em condições especiais de arrefecimento, tal como se tratasse de um cristal simples, apresenta uma resistência fraca, podendo ser deformada por simples compressão entre os dedos.

Os átomos deslocam-se uns sôbre os outros como as cartas de um baralho. Podemos associar os movimentos dos átomos num cristal ao movimento de esferas, umas rolando sôbre as outras, sem atrito. Então, um metal monocristalino, dada a infinidade de movimentos possíveis dos seus átomos sem que a sua coesão seja afectada, não deve ser considerado como um sólido real senão em primeira aproximação.

A disposição dos átomos dos cristais depende do sistema de cristalização. Os sistemas de cristalização mais freqüentes nos metais são o cúbico e o hexagonal. No sistema cúbico os átomos podem estar dispostos nos vértices dos ângulos sólidos do cubo e no centro de cada face — estrutura a faces centradas, — ou nos vértices dos ângulos sólidos e no centro do cubo, — estrutura centrada. Se bem que se desconheçam as razões porque é que um dado metal se pode apresentar com mais freqüência num tipo de estrutura do que noutro, a verdade é que êle pode passar de uma estrutura a outra. A resistência dos metais pode encontrar a sua razão de ser nas imperfeições de estrutura.

Se submetermos um metal a um determinado esfôrço ou a um trabalho mecânico a frio, de modo que a sua massa seja transformada em cristalites de orientações diferentes, êle torna-se cada vez mais duro e mais resistente a qual-

quer deformação mecânica. Essa resistência, aumenta, também, pela introdução na massa do metal primitivo de átomos de natureza diferente (impurezas). Quere dizer: uma vez destruida a homogeneidade do conjunto — independentemente do modo como ela é destruida — a dificuldade do movimento atómico não é uma conseqüência das suas ligações com os átomos vizinhos, mas sim da confusão do conjunto. Uma impureza é uma origem ou centro de confusão e o escorregamento fácil não é possivel na sua presença.

As diferentes formas de estrutura podem ser reconhecidas e estudadas pelos raios X.

Uma estrutura cristalina perfeita dá raios difractados cujas direcções são perfeitamente definidas, sendo assim possível reconstituir o edifício cristalino do metal.

No caso de uma liga a dois constituintes, teremos um duplo conjunto de raios difractados que determinarão as características da estrutura que os produziu. Se o metal foi fragmentado em pequenas cristalites, a largura dos feixes luminosos difractados permite-nos deduzir as dimensões das partículas; a intensidade do obscurecimento radiográfico, as suas formas.

Podemos esquematizar, materialmente, um cristal metálico e os seus átomos, segundo Bragg, pelas bolas de sabão produzidas num recipiente contendo uma solução saponosa por uma corrente gazosa cujo escoamento se faça a pressão constante. Uma estrutura real não é uma estrutura de equilíbrio perfeito. Um cristal deforma-se armazenando energia e, dêste modo, para voltarmos ao estado primitivo, precisamos de empregar um esfôrço incomparàvelmente menor do que aquele que foi utilizado primeiramente. Isto é quási evidente, pois, um novo reagrupamento atómico é de prever, até que o cristal volte ao estado de cristal perfeito. Verdadeiramente um cristal não é resistente: simplesmente o reagrupamento atómico é infinitamente lento e tão lento que o Homem pode, na solução dos seus problemas, na satisfação das suas necessidades, utilizar um estado intermédio de equilíbrio metastável em permanente evolução.

A conferência do Professor Bragg foi esclarecida e ilustrada com numerosas projecções fotográficas e documentada com diversos resultados numéricos, experimentais. Terminada que foi, Sua Ex.ª o Presidente da Academia das Ciências convidou os seus eminentes colegas da classe de Ciências para, sôbre o assunto versado, apresentarem as considerações ou críticas, que por bem entendessem.

O convite não foi aceite por nenhum dos Académicos presentes.

*
* *

O assunto tratado pelo Professor Bragg é um problema de Física interna dos materiais. E é por esta razão que permitimos estranhar o desinterêsse dos engenheiros, professores e alunos, por essa conferência.

A física interna dos materiais é um conjunto de princípios que procuram explicar as propriedades dos materiais em função da sua estrutura interna e dos fenómenos intermoleculares, que aí se passam. As doutrinas dêste ramo da ciência são recentes. Para cada problema existem, podemos dizer, tantas soluções e tantas teorias quantos os investigadores. Experimentalmente, o método principalmente utilizado é a espectro-radiografia, aplicada quer aos defeitos de estrutura inter e intracristalina, quer aos defeitos de homogeneidade. Então o Professor Bragg deve ser, e é, já por herança, já por si próprio, uma figura de primeira grandeza neste domínio experimental.

O Professor Bragg atacou o problema de frente, sem a menor introdução, sem uma definição sequer. O tempo, é pouco; o auditório, sabedor.

A clareza da sua exposição dava, àquele que o escutava, a falsa idéia de uma facilidade, que não se verifica.

Mas o problema da resistência metálica e suas causas prováveis, necessita de um ponto de partida. A divergência de opiniões, a existir, deve ser de idéias, de conceitos, e não de palavras.

— O que é um cristal metálico?

— O que é um metal?

— O que é uma barreta monocristalina?

Aquela definição de cristal, rígida, geométrica e formal, já nossa conhecida da Cristalografia, não nos serve neste caso; aquela noção vaga, imprecisa e deficiente até, de metal, que a Química nos dá, é preferível esquecê-la.

Quando falamos de resistência a uma dada deformação de uma barreta monocristalina,

teremos a noção perfeita do que seja um monocristal?

Tudo isto parece irrisório, infantil; tudo isto é complicado, subtil.

Num sistema em evolução, no arrefecimento, ao atingirmos um ponto do *liquidus* deposita-se o primeiro germe cristalino.

Dêste, pode derivar:

a) um cristal

b) uma dendrite cristalina

c) um grão cristalino.

Estes elementos são entidades perfeitamente distintas, ou são uma só e mesma coisa?

A dendrite será uma formação arborescente, cristalina, podendo ser considerada como um monocristal, como diz Tammann, de acôrdo com os professores S. Steinberg (Instituto dos Metais do Oural), e Oknoff (Escola Superior de Metalurgia de Leninegrado) ou é, como afirma Goerens, um monocristal desagregado por transformação, ou, segundo Gaiëff e Belankine, não é mais do que uma associação de indivíduos monocristalinos?

Mas o que é um indivíduo monocristalino? É um volume único, cuja forma exterior depende apenas do recinto de cristalização, segundo Daikoff, ou é um conjunto material cujos eixos cristalográficos coincidem em todos os pontos, como explica Thompson (Universidade de Manchester), ou, é simplesmente um grão cristalino único, tal como o considera mais simplesmente ainda, Gorchkoff (Escola Superior de Metalurgia de Leninegrado) ou, é uma forma cristalina, que apresenta, em qualquer parte isolada, desvios nulos de orientação geral, segundo o parecer do Professor Sauerwald (Escola Técnica Superior de Breslau)?

Para essa equipe insuperável, onde, a profundidade de análise e a finura de espírito de Portevin se encontram associadas à técnica experimental e prodigiosa imaginação de Chevenard, o monocristal é, etimològicamente, um cristal único, admitindo então, uma só possibilidade de orientação, e deste modo, uma dendrite não pode ser considerada como um todo, deformado ou não, monocristalino.

Depois, como associar a uma dada interpretação do monocristal, o grão cristalino eutético?

Stansfield (Mc. Guill University) afirma categòricamente:

«Um pedaço de metal não pode ser considerado como monocristalino, se não fôr constituído por um só metal».

Para Kachtchenko (Escola Superior de Metalurgia de Leninegrado) um monocristal não tem existência absoluta. Um grão cristalino pode ser considerado como um monocristal, se, as propriedades a considerar são apenas função da distância inter-atómica; um grão cristalino não pode ser considerado como um monocristal em relação a uma dada propriedade, se essa propriedade depende da distribuïção atómica, sendo independente da distância existente entre os átomos.

Aonde nos conduz a concepção monocristalina de Kachtchenko?

Ignoramos ainda, qual o desenvolvimento que lhe deu o seu autor e a que ponto profundou e explorou as suas conseqüências.

E pensamos, como seria interessante reünir numa mesma síntese estrutural, essa concepção, fundamentalmente teórica, e a interpetração de Bragg, de origem essencialmente experimental.

*
* *

Para nós, humilde «habitante» dêste palácio encantado que é o nosso Instituto, onde, os espaços vasios lembram faixas de aterragem, com os seus laboratórios, que nos apresentam aspectos de salas de museu abandonado, e as dotações laboratoriais, pela sua modicidade, não são mais do que esmola de pobre a outros pobres, mais pobres ainda, resta-nos apenas o recurso, para formarmos uma opinião, o estudo paciente, a recolha difícil e incompleta de elementos, necessàriamente dispersos, a crítica de trabalhos realizados em desconhecidas condições, e a apreciação de teorias apresentadas a esclarecidas Assembleias.

O cristal elementar interessa-nos, apenas, como elemento gerador da *variedade cristalina*. Entre dois pontos infinitamente próximos desta variedade, é possível definir um elemento de distância infinitesimal ds, pela forma quadrática, que caracteriza a métrica espacial. Como os conficientes desta, são funções do ponto considerado, a métrica é local e direccional: a variedade é pontualmente heterogénea. Por definição do elemento gerador, a variedade é

globalmente homogénea [1]. Ora, é pelas translações paralelas, não nulas, dos vectores definidos por dois pontos quaisquer da variedade cristalina, que determinamos, geomètricamente o cristal ideal, interessando ao nosso problema, porém, que êsses pontos, sejam *pontos idênticos,* isto é, que sejam os suportes ideais da entidade material, que é o átomo.

As relações, que podemos estabelecer entre três vectores de origem comum, permitem-nos deduzir, por conveniente transformação, nove parâmetros S_{ij}, suficientes para perfeita caracterização e completo estudo, dos sistemas *cristalográficos.*

Um *metal perfeito* é um conjunto cristalino, resultante da repetição periódica, no espaço, de um cristal ideal; é, então, um conjunto limitado da variedade cristalina: é uma *característica* dessa variedade. Assim, o monocristal, no sentido etimológico do têrmo, não existe isoladamente, ou, a considerarmos a sua existência [2], não tem interêsse físico-mecânico, pois que, o número de átomos, ou, melhor, a *massa atómica equivalente é constante, para cada tipo de distribuïção.*

Um grão cristalino é um conjunto de cristais elementares com uma só orientação possível e que se desenvolveram alotrimòrficamente à volta de um único centro de cristalização. O crescimento do grão cristalino é apenas uma conseqüência de deslocamento de superfícies limites.

Dêste modo, o grão cristalino pode ser um volume simplesmente conexo, limitado por uma superfície contínua, ou um conjunto de volumes parcelares, cada um dos quais é limitado por superfícies próprias, *com duas faces distintas.*

O deslocamento das superfícies limites pode ser associado a um fenómeno de coalescência e assim, num volume contínuo, para efeitos de estudos de certos problemas, podemos supor, virtualmente isolado um cristal elementar, Nesse volume, as propriedades do cristal elementar são independentes da sua posição e são função da distância interatómica e da orientação do cristal, isto é, da posição dos elementos de translação em relação à direcção dos esforços de deformação. Num sistema a cristais múltiplos, a posição do cristal elementar idealmente isolado é já de considerar e para compreendermos que assim é, basta imaginar duas superfíceis de separação distanciadas uma da outra de uma distância, menor do que a distância interatómica. Num caso limite, podemos supor que uma dessas superfícies contém os átomos de um dado cristal elementar; então a outra intersectará, necessàriamente, um outro cristal elementar. Mas não estaremos já tocando as fronteiras da concepção monocristalina de Kachtchenko?

As dimensões e formas de um cristal elementar dependem da natureza química do metal; no caso ideal de um desenvolvimento idiomórfico e para dimensões mínimas, o grão cristalino contém e é contido na célula elementar cristalina; nos casos reais, o desenvolvimento do grão cristalino é alotrimórfico, e dêste modo, as formas externas não correspondem à simetria interna do cristal; essas formas e dimensões, são funções das condições em que se deu o crescimento do grão e das acções, que se exerceram sôbre o sistema cristalino.

Numa passagem da sua notável conferência, o ilustre professor explicou-nos a influência de um átomo estranho — que designou por impureza — num sistema metálico. Só discordamos da designação.

Um elemento estranho à variedade cristalina, mas nela existente, não deve ser designado por *impureza.* Impureza, é uma designação essencialmente técnica e empregada, sempre, num sentido pejorativo.

Consideremos num volume simplesmente conexo, um ponto de descontinuïdade. Isolemos êsse ponto por uma esfera com centro nêle, e façamos, por uma deformação contínua, tender o volume para o ponto considerado.

Eis uma representação de uma impureza, no sentido de Bragg. Para frisarmos bem, a razão de ser da nossa discordância, continuemos a nossa análise.

Temos dois casos a considerar:

a) A variedade cristalina admite na sua estrutura o elemento estranho: — há a formação de

---

[1] À homogeneiedade global de um sistema metálico podemos fazer corresponder o conceito de fase; à heterogeneidade local podemos associar a ideia de concentração pontual.

[2] Um conjunto material existe, ou, não existe.

As duas únicas hipóteses possíveis, são contraditórias. Para o A., o monocristal isolado e em conformidade com o comportamento experimental, não existe.

uma solução sólida, de substituïção, ou de inserção, sem modificação da microestrutura.

Metalogràficamente, êste caso manifestar-se-á, apenas, por uma variação de coloração ou por um comportamento diferente em relação aos reagentes de ataque.

b) A variedade cristalina regeita os átomos do elemento estranho, o que corresponde a uma saturação com formação de uma nova fase, saturação essa, que pode ser imediata (caso de duas fases sem formação de solução sólida), ou saturação com uma margem de solubilidade (caso de duas fases, uma das quais, é uma solução sólida a limites bem determinados). Os deslocamentos dos pontos de transformação podem ser positivos com a concentração (linha fronteira ascendente) ou negativos com a concentração (linha fronteira descendente).

Em relação a uma dada propriedade, estes factos podem-se manifestar favorável, ou desfavoràvelmente.

Se a influência é desfavorável, o elemento estranho é considerado como sendo uma impureza. Se é favorável, êsse elemento passa a ser considerado como um constituinte, e possìvelmente, o *menor constituinte* do nosso sistema. Sabemos perfeitamente quanto de arbitrariedade existe na distinção entre um elemento considerado prejudicial e um elemento considerado útil. Um determinado efeito, prejudicial, ou útil, não se faz sentir igualmente sobre tôdas as propriedades; um dado elemento pode ser considerado num caso como uma impureza, e noutro como um elemento constituinte. Tècnicamente, há elementos apropriados, ou não, a determinados fins. *A designação de impureza deve desaparecer em qualquer estudo científico,* tanto mais, que a característica da variedade cristalina não pode, neste caso, ser considerada como estatìsticamente isótropa.

* * *

Ao darmos por findas estas breves considerações, pensamos, quanto seria útil e agradável ouvir de novo — ainda que fôsse naquele mesmo salão — o Prof. Bragg.

DOIS CRITÉRIOS ECONÓMICOS NA ELEVAÇÃO DA ÁGUA

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) ANTÓNIO MANUEL VASCONCELOS

C. D. 627.

Talvez devido à sua simplicidade, não são tratados nos livros mais divulgados entre nós, os dois problemas que me proponho resolver, tendo especialmente em vista a economia de fôrça motriz para elevação:

1.º — Cálculo duma tubagem de transporte por gravidade, seguida ou precedida de elevação;

2.º — Divisão, em zonas, duma área abastecida por elevação.

vatório, supondo constantes todos os outros factores. É aplicável a qualquer líquido em tubagens de vários troços de diferentes materiais e caudais, transportados por gravidade ou por bombagem. Porém, apenas se apresenta o caso em epígrafe que é o mais corrente e que pode ser traduzido por qualquer dos esquemas da figura 1.

Aproveita-se a oportunidade para deduzir novas expressões para o diâmetro mais económico de tubagens elevatórias.

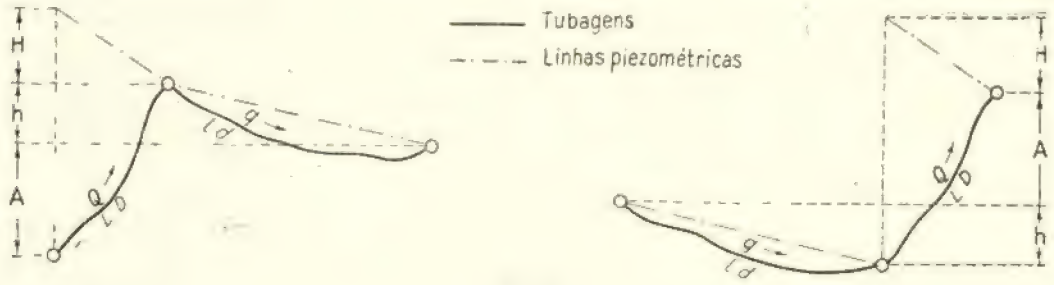


Fig 1

O primeiro apresenta-se em quási tôdas as obras com elevação de água e é uma questão que, geralmente, pesa muito mais nos orçamentos do que o cálculo da tubagem elevatória que todos os livros ensinam.

O segundo pode assumir especial importância nos abastecimentos de água a cidades ou mesmo vilas de certa categoria em que tôda a água seja elevada mecânicamente. Pode também interessar em questões de irrigação.

1.º — Cálculo duma tubagem de transporte por gravidade, seguida ou precedida de elevação

O processo de dedução que vai seguir-se tem em vista o mínimo custo de primeiro estabelecimento da tubagem e do grupo ele-

Sejam:

A Desnível topográfico entre a origem e o fim do transporte total.

Q e q Caudais da tubagem elevatória e de gravidade.

L e l Comprimentos da tubagem elevatória e de gravidade.

D e d Diâmetros da tubagem elevatória e de gravidade.

H e h Perdas de carga na tubagem elevatória e de gravidade.

P e p Preços por metro linear da tubagem elevatória e de gravidade.

N Potência do motor de elevação.

p′ Custo de primeiro estabelecimento e de exploração capitalizada do grupo elevatório de potência unidade.

O custo da obra será, então:

$$C = P\,L + p\,l + p'\,N \;\ldots\ldots \quad (1)$$

Sendo dados do problema: A, Q, q, L e l e conhecendo-se as leis de variação de P e p com o diâmetro (tabelas de preços) e ainda o valor de p', ficam para determinar D, d, H e h. Como estas duas últimas grandezas estão relacionadas com as duas anteriores pelas leis de perda de carga, podemos exprimir C apenas nas variáveis D e d.

Para leis de perda de carga escolhemos:

a) Para ferro fundido em uso: Fórmula de Flamant:

$$\frac{H}{L} = 0{,}00092 \sqrt[4]{\frac{4^7\,Q^7}{\pi^7\,D^{19}}}$$

ou

$$H = 0{,}0014\,\frac{Q^{7/4}}{D^{19/4}}\,L \;\ldots\ldots \quad (2)$$

b) Para fibrocimento em uso: Fórmula de Darcy com os coeficientes de Scimemi:

$$\frac{H}{L} = \frac{32\,b_1\,Q^2}{\pi^2\,D^5}$$

sendo

$$b_1 = 0{,}0005 + \frac{0{,}000015}{D}$$

ou

$$H = \frac{32\,Q^2}{\pi^2}\,L\left(\frac{0{,}0005}{D^5} + \frac{0{,}000015}{D^6}\right) \ldots \quad (3)$$

A expressão da potência em cavalos vapor é:

$$N = \frac{1.000\,Q}{75\,r}\,(A + H + h) \;\ldots \quad (4)$$

sendo r o rendimento da transmissão e da bomba.

Para o caso de ambas as tubagens de ferro fundido, a expressão (1) pode escrever-se, utilizando (2) e (4), em função das duas variáveis D e d:

$$C = P\,L + p\,l +$$

$$+ p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\left(A + 0{,}0014\,\frac{Q^{7/4}}{D^{19/4}}\,L + 0{,}0014\,\frac{q^{7/4}}{d^{19/4}}\,l\right)$$

Para achar as condições de mínimo derivemos em ordem a D e d

$$\frac{\partial C}{\partial D} = \frac{\partial P}{\partial D}\,L - p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\cdot\frac{19}{4}\cdot 0{,}0014\,\frac{Q^{7/4}}{D^{23/4}}\,L$$

$$\frac{\partial C}{\partial d} = \frac{\partial p}{\partial d}\,l - p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\cdot\frac{19}{4}\cdot 0{,}0014\,\frac{q^{7/4}}{d^{23/4}}\,l$$

Igualando a zero obtém-se:

$$D = \left(\frac{0{,}0887}{r}\,\frac{p'}{\frac{\partial P}{\partial D}}\right)^{4/23} Q^{11/23} =$$

$$= 0{,}657\left(\frac{p'}{r\,\frac{\partial P}{\partial D}}\right)^{4/23} Q^{11/23} \;\ldots \quad (5)$$

$$d = \left(\frac{0{,}0887}{r}\,\frac{p'}{\frac{\partial p}{\partial d}}\right)^{4/23} Q^{4/23}\,q^{7/23} =$$

$$= 0{,}657\left(\frac{p'}{r\,\frac{\partial p}{\partial d}}\right)^{4/23}\left(\frac{Q}{q}\right)^{4/23} q^{11/23} \quad (6)$$

Para o caso de ambas as tubagens de fibrocimento, a expressão (1) pode escrever-se, utilizando (3) e (4), em função das duas variáveis D e d:

$$C = PL + pl + p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\left[A + \frac{32}{\pi^2}\,Q^2\,L\left(\frac{0{,}0005}{D^5} + \frac{0{,}000015}{D^6}\right) + \frac{32}{\pi^2}\,q^2\,l\left(\frac{0{,}0005}{d^5} + \frac{0{,}000015}{d^6}\right)\right]$$

Derivando, anàlogamente, em ordem a D e d:

$$\frac{\partial C}{\partial D} = \frac{\partial P}{\partial D}\,L - p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\cdot\frac{32}{\pi^2}\,Q^2\,L\left(\frac{5\times 0{,}0005}{D^6} + \frac{6\times 0{,}000015}{D^7}\right)$$

$$\frac{\partial C}{\partial d} = \frac{\partial p}{\partial d}\,l - p'\,\frac{1.000\,Q}{75\,r}\cdot\frac{32}{\pi^2}\,q^2\,l\left(\frac{5\times 0{,}0005}{d^6} + \frac{6\times 0{,}000015}{d^7}\right)$$

Igualando a zero obtem-se:

$$D = \left[\frac{43{,}3}{r} \cdot \frac{p'}{\frac{\partial P}{\partial D}} \left(5 \times 0{,}0005 + \frac{6 \times 0{,}000015}{D} \right) \right]^{1/6} Q^{1/2}$$

$$d = \left[\frac{43{,}3}{r} \cdot \frac{p'}{\frac{\partial p}{\partial d}} \left(5 \times 0{,}0005 + \frac{6 \times 0{,}000015}{d} \right) \right]^{1/6} Q^{1/6} \, q^{1/3}$$

Tomando para $5 \times 0{,}0005 + \frac{6 \times 0{,}000015}{D}$ o valor 0,0035, constante, comete-se um êrro máximo de 1,4 por mil para diâmetros entre $0^m{,}050$ e $0^m{,}350$. Desprezando êste êrro pode escrever-se:

$$D = 0{,}73 \left(\frac{p'}{r \frac{\partial P}{\partial D}} \right)^{1/6} Q^{1/2} \ldots\ldots \quad (7)$$

$$d = 0{,}73 \left(\frac{p'}{r \frac{\partial p}{\partial d}} \right)^{1/6} \left(\frac{Q}{q} \right)^{1/6} q^{1/2} \quad (8)$$

As fórmulas para as condutas elevatórias económicas (5) e (7) correspondem às que Bresse apresentou partindo da fórmula de Darcy para as perdas de carga. As fórmulas (6) e (8) são as que permitem calcular os diâmetros das condutas de gravidade seguidas ou precedidas de elevação e, consequentemente, as alturas h e H, ficando, assim, resolvido o problema de que nos propuzemos tratar.

Por serem bem pouco cómodas tôdas estas fórmulas (5), (6), (7) e (8) apresentamo-las resolvidas gràficamente para um certo número de casos, partindo das seguintes hipóteses: $\frac{p'}{r} = 70.000\$00$, correspondente, por exemplo, à seguinte combinação de valores: $r = 0{,}5$; custo do grupo moto-bomba: $c = 2.500\$00/CV$; custo da energia: Consumindo o motor 200 gr/CV/hora de combustível de 1$30/kg, montando a 2.280$00/CV/ano que equivale a um capital de (3,5 % em 20 anos): $c' = 32.500\$00$ e, portanto, $p' = c + c' = 35.000\$00$.

Os valores de $\frac{\partial P}{\partial D}$ foram deduzidos gràficamente das curvas de preços em função dos diâmetros, tomando, para o ferro, o preço de 7$50/kg, e para o fibrocimento os valores das tabelas actualmente em vigor do material «Lusalite».

Os valores de $\frac{Q}{q}$ para os quais se apresentam curvas, são os correspondentes a volumes iguais transportados por elevação em 6, 8, 12 e 16 horas e por gravidade em 24 horas.

2.º — Divisão, em zonas, duma área abastecida por elevação

Quando as condições topográficas e económicas aconselham a divisão duma distribuição de água (uma rêde domiciliária, por exemplo) em duas zonas de pressão diferente, e sendo tôda a água elevada mecânicamente, essa divisão, para que o custo da elevação seja mínimo, pode ser feita pelo processo abaixo exposto.

Consideremos o custo da elevação apenas proporcional ao caudal e à altura de elevação. Das alturas de elevação apenas tomamos as parcelas que diferindo de zona para zona são as que influem na resolução do problema. Desprezam-se, portanto, as parcelas das alturas inferiores ao ponto mais baixo da rêde (por serem comuns às duas zonas) e superiores ao início de cada zona (por se considerarem iguais) e ainda, em primeira aproximação, as parcelas correspondentes às perdas de carga nas tubagens que pouco diferem de zona para zona. O desprezo destas perdas de carga ocasiona que a separação das zonas se faça segundo uma curva de nível.

Se chamarmos Y e Y_1 as cotas em relação ao ponto mais baixo da rêde dos inícios, respectivamente, da zona baixa e da zona alta, teremos que as alturas de elevação são representadas por aquelas mesmas letras.

TUBOS ECONÓMICOS

$\frac{p'}{r} = 10.000\$00$

Preços do ferro fundido: Bases de Cohen, 7$50/Kg

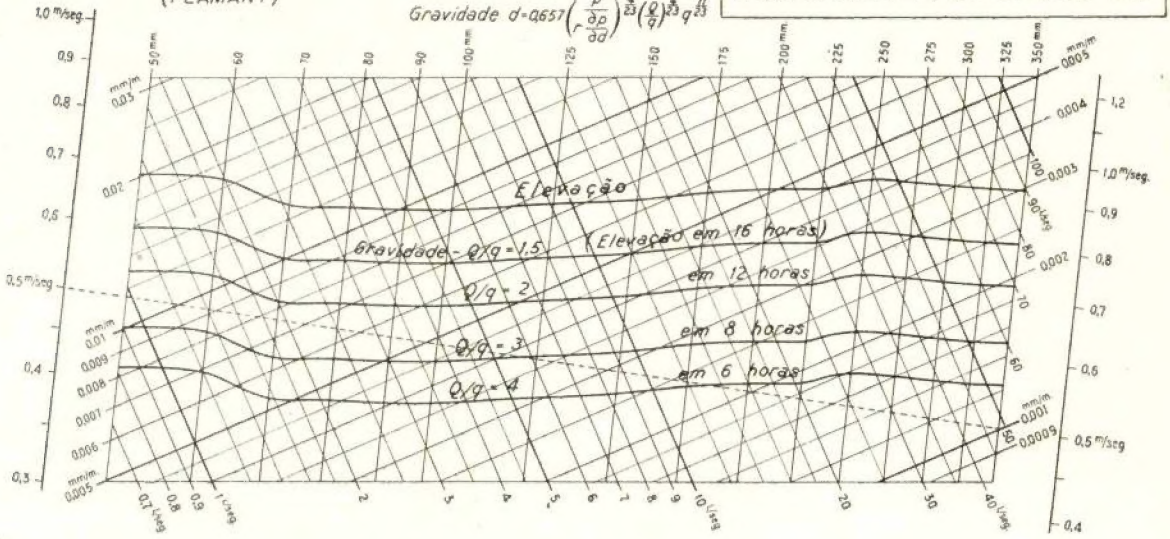
Preços do fibrocimento "Lusalite" em Dez.º 1945

FERRO FUNDIDO EM USO

(FLAMANT)

Elevação $D = 0{,}657\left(r\frac{p'}{\partial p/\partial D}\right)^{\frac{4}{23}} q^{\frac{11}{23}}$

Gravidade $d = 0{,}657\left(r\frac{p'}{\partial p/\partial d}\right)^{\frac{4}{23}}\left(\frac{Q}{q}\right)^{\frac{4}{23}} q^{\frac{11}{23}}$



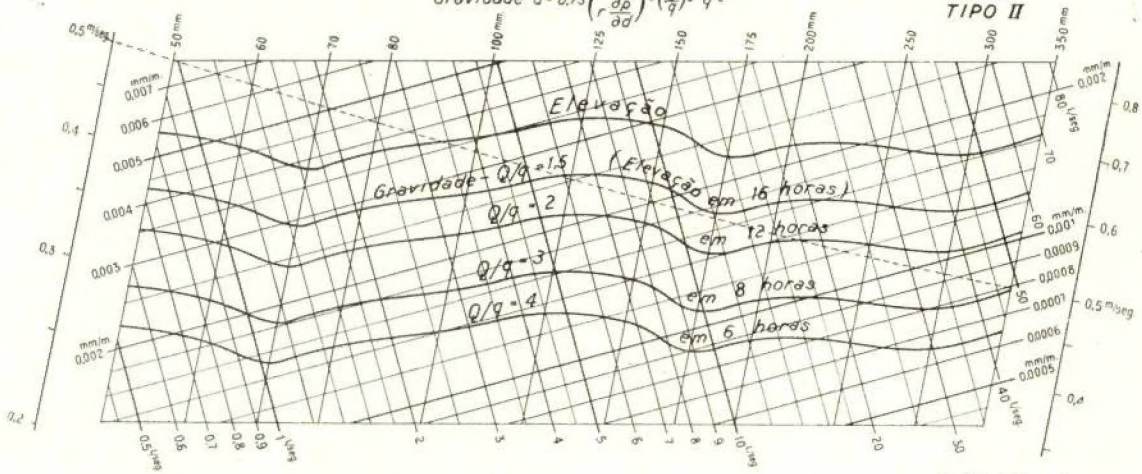
FIBROCIMENTO EM USO

(DARCY - SCIMEMI)

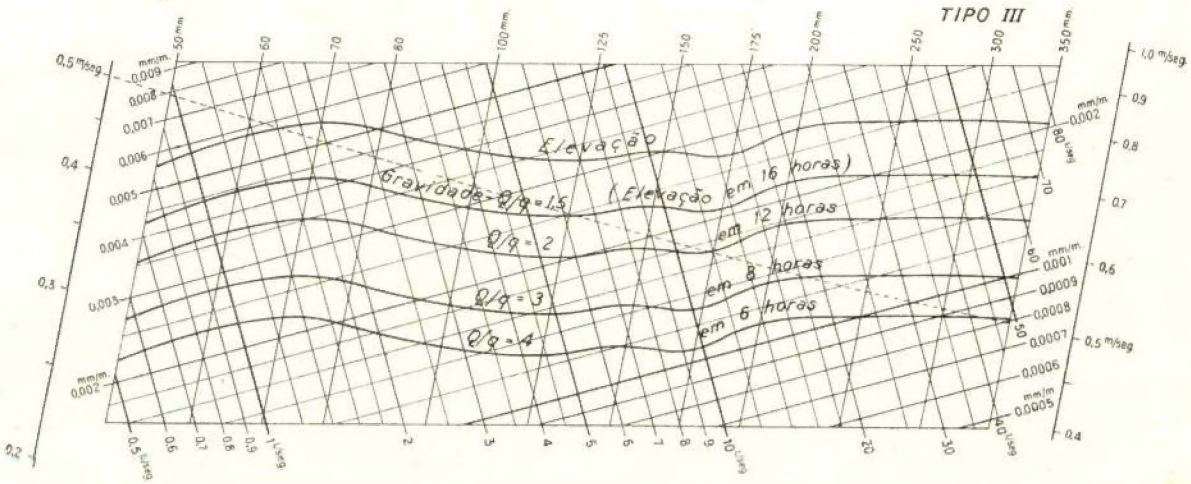
Elevação $D = 0{,}73\left(r\frac{p'}{\partial p/\partial D}\right)^{\frac{1}{6}} q^{\frac{1}{2}}$

Gravidade $d = 0{,}73\left(r\frac{p'}{\partial p/\partial d}\right)^{\frac{1}{6}}\left(\frac{Q}{q}\right)^{\frac{1}{6}} q^{\frac{1}{2}}$

"Lusalite" TIPO II



TIPO III



Obs. - A irregularidade das curvas é devida a irregularidade dos preços dos tubos

G. Almeida, des. - Jan.º 1946

A. Vasconcellos

Para calcular os caudais, q, começamos por determinar a sua lei de distribuição pelas diferentes cotas, y, da área da rêde: $q = f(y)$. Os caudais a elevar serão, portanto:

$$\text{Zona alta:} \int_{Y}^{Y_1} f(y)\,dy$$

$$\text{Zona baixa:} \int_{O}^{Y} f(y)\,dy$$

Multiplicando cada um dêstes caudais pela altura de elevação respectiva, e somando os produtos, obtém-se uma expressão que é proporcional ao custo total da elevação:

$$C = Y_1 \int_{Y}^{Y_1} f(y)\,dy + Y \int_{O}^{Y} f(y)\,dy$$

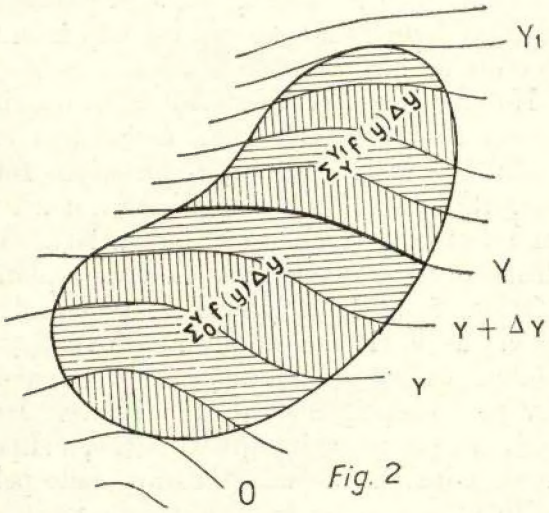


Fig. 2

Para determinar o valor de Y que torna mínima esta expressão pode-se igualar a zero a sua derivada em ordem a Y [1] mas como, em geral, é difícil escrever a lei $q = f(y)$ e nem sempre se dispõe dum intégrafo para resolver gràficamente o problema, considera-se cada integral como um somatório dos caudais a distribuir entre curvas de nível afastadas de Δy (fig. 2). Obtidos estes somatórios para uma série de valores de Y, pode estabelecer-se um quadro, ou um gráfico, onde se observe qual o valor de Y correspondente a C mínimo.

Para muitos casos esta divisão da rêde segundo uma linha de nível, satisfaz. Para outros, convém introduzir uma correcção que consiste na substituição da linha de nível de separação por uma linha de igual carga piezométrica, cortando a anterior de tal modo que faça passar para a zona baixa um caudal sensìvelmente igual ao que passar a pertencer à zona alta (fig. 3). Para maior rigor ou casos muito especiais pode-se

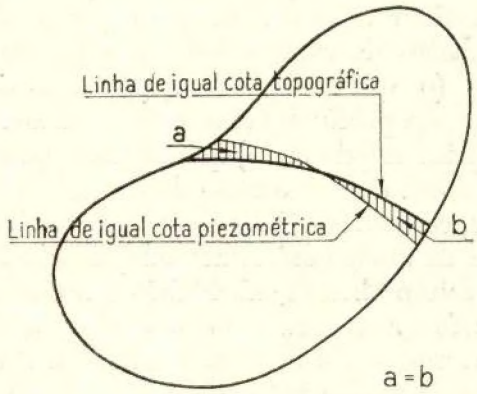


Fig. 3

seguir o mesmo método, considerando os y definindo, não superfícies horizontais, mas sim, superfícies de igual carga piezométrica, supondo o reservatório de carga ocupando a posição mais favorável, para cada valor de Y.

[1] Para maior clareza de exposição distinguimos y de Y embora êles sejam equivalentes.

O Problema da Implantação das Obras de Abrigo dos Portos [1]

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) CARLOS KRUS ABECASIS

(Continuação)

627.6

O problema da implantação das obras de abrigo nos portos consiste, no aspecto que nos tem ocupado, em a determinar por forma que as condições de tranquilidade na bacia abrigada sejam o mais perfeitas possível dentro da maior economia da obra compatível com as exigências das operações portuárias.

Para o resolver, necessário é que se saiba determinar a forma da propagação duma ondulação de características conhecidas ao largo (o que na prática significa, como vimos, em profundidades superiores ao meio comprimento da onda) quando avança sôbre uma costa de contornos e batimetria conhecidos, com ou sem interposição de quaisquer obras de abrigo existentes ou previstas.

É êste problema subsidiário que o *método de Iribarren* — exposto nos dois artigos anteriores — permite resolver, com suficiente aproximação, para um grande número dos casos que se apresentam na prática.

As características da ondulação em profundidades reduzidas são determinadas por aplicação das equações adequadas da teoria trocoidal.

Quanto à forma por que se verifica a propagação da vaga ao avançar em profundidades reduzidas, em duas hipóteses se considera englobada a generalidade dos casos, consoante a vaga avança em regime de «expansão frontal» ou em regime de «expansão lateral», expressões cujo significado preciso foi definido e que correspondem, respectivamente, ao avanço em direcção convergente ou divergente da costa ou obra.

Uma simples aplicação gráfica dos princípios enunciados permite traçar as sucessivas configurações da linha de crista da vaga em planta, a partir daquela em que a deformação se inicia, isto é, a partir de profundidade igual ao semi-comprimento de onda ao largo.

No que se refere à determinação do diagrama de alturas da vaga deformada em profundidades reduzidas, o princípio fundamental do método de Iribarren consiste em admitir que, em face das variações de altura determinadas pela expansão planimétrica, frontal ou lateral, se podem despresar as variações de altura provenientes doutras causas que actuam ao propagar-se a vaga em pequenas profundidades. Isto equivale, em primeira aproximação, a supor que o consumo de energia provocado pelo atrito que se opõe ao avanço da vaga se traduz apenas na redução do comprimento de onda, permanecendo sem alteração a altura ou amplitude quando não intervenham fenómenos de expansão planimétrica. A hipótese só é, evidentemente, de admitir quando a vaga ainda se encontre longe da profundidade — ou doutro conjunto de circunstâncias — susceptível de lhe determinar a rebentação.

Aceite que a altura da vaga não variaria se não houvesse expansão planimétrica, para calcular esta altura em determinada posição do avanço em que tal expansão se verifique basta igualar as expressões que dão os valores da energia da vaga correspondentes à posição considerada, respectivamente nas hipóteses de haver e de não haver expansão,

[1] V. os n.os 158 e 160 — Julho e Dezembro de 1945 — da «Técnica».